



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Koolmonoxide

Onderschat en onbegrepen gevaar



Koolmonoxide

Onderschat en onbegrepen gevaar

Den Haag, november 2015

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.

Alle rapporten zijn beschikbaar via de website van de Onderzoeksraad www.onderzoeksraad.nl

Coverfoto: Een willekeurige cv-ketel. (Bron: ANP, Lex van Lieshout)

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

Als zich een ongeval of ramp voordoet, onderzoekt de Onderzoeksraad voor Veiligheid hoe dat heeft kunnen gebeuren, met als doel daar lessen uit te trekken. Op die manier draagt de Onderzoeksraad bij aan het verbeteren van de veiligheid in Nederland. De Raad is onafhankelijk en besluit zelf welke voorvallen hij onderzoekt. Daarbij richt de Raad zich in het bijzonder op situaties waarin mensen voor hun veiligheid afhankelijk zijn van derden, bijvoorbeeld van de overheid of bedrijven. In een aantal gevallen is de Raad verplicht onderzoek te doen. De onderzoeken gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

	Onderzoeksraad	
Voorzitter:	mr. T.H.J. Joustra prof. mr. dr. E.R. Muller prof. dr. ir. M.B.A. van Asselt	
Buitengewoon raadslid:	ir. H.L.J. Noy	
Algemeen secretaris:	mr. M. Visser	
Bezoekadres:	Anna van Saksenlaan 50 2593 HT Den Haag	Postadres: Postbus 95404 2509 CK Den Haag
Telefoon:	+31 (0)70 333 7000	Telefax: +31 (0)70 333 7077
Internet:	www.onderzoeksraad.nl	

1 Inleiding	15
1.1 Aanleiding	15
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen.....	16
1.3 Afbakening	17
1.4 Onderzoeksaanpak	18
1.5 Betrokken partijen	18
1.6 Referentiekader	19
1.7 Leeswijzer	22
2 Problematiek koolmonoxide.....	25
2.1 Enkele begrippen vooraf.....	25
2.2 Illustratieve ongevallen.....	29
2.3 Ongevalsfactoren illustratieve ongevallen	34
2.4 Kenmerken problematiek	38
2.5 Omvang problematiek	48
3 Analyse	52
3.1 Techniek: verbrandingsinstallaties	52
3.2 Mens en organisatie: bewoner/woningeigenaar en installateur	60
3.3 Borging van de veiligheid door de branche	70
3.4 Beleid, regelgeving en toezicht vanuit de overheid.....	78
3.5 Detectie en diagnosticering.....	86
4 Conclusies	97
5 Aanbevelingen	101

BIJLAGEN

Bijlage A. Onderzoeksverantwoording.....	114
A.1 Doelstelling en onderzoeksvraag.....	114
A.2 Deelonderzoeken	114
A.3 Database koolmonoxideongevallen.....	115
A.4 Illustratieve ongevallen.....	117
A.5 Interviews en expertsessies.....	119
A.6 Enquête installateurs.....	120
A.7 Begeleidingscommissie en projectteam	120
Bijlage B. Reacties op inzagecommentaar	122

Bijlage C. Toelichting verbrandingsinstallaties	124
C.1 Hoe koolmonoxide ontstaat in het verbrandingsproces.....	124
C.2 Relevante verbrandingstoestellen	124
C.3 Technische details luchttoevoer en rookgasafvoer	125
Bijlage D. Mechanisme ongevallen met koolmonoxide	127
D.1 Productie koolmonoxide	127
D.2 Terechtkomen koolmonoxide in woning	128
D.3 Drukverschil en luchtstroming.....	128
D.4 Concentratie koolmonoxide	129
D.5 Overzicht mechanismen koolmonoxideongevallen	129
Bijlage E. Gezondheidseffecten van koolmonoxide	132
E.1 Introductie	132
E.2 Koolmonoxidevergiftiging.....	133
E.3 Diagnostiek	134
Bijlage F. Resultaten aanvullend onderzoek naar ongeval 2.....	136
Bijlage G. Resultaten aanvullend onderzoek naar ongeval 5.....	144
Bijlage H. Resultaten analyse database koolmonoxideongevallen	146
H.1 Vergelijking respondenten met non-respondenten	146
H.2 Bron en oorzaken koolmonoxideongevallen.....	151
H.3 Eigendom, plaatsing en onderhoud verbrandingsinstallaties.....	162
H.4 Type en eigendom woning.....	179
H.5 Detectie en diagnosticering	186
H.6 Aantallen slachtoffers (absoluut)	199
Bijlage I. Omvang en onderschatting problematiek koolmonoxideongevallen ..	202
I.1 Omvang van de problematiek.....	202
I.2 Indicator: onveilige verbrandingsinstallaties	203
I.3 Indicator: patiënten met een koolmonoxidevergiftiging	204
I.4 Indicator: verhoudingsgewijs hoog aandeel koolmonoxidemelders in database	205
Bijlage J. Koolmonoxidemelders.....	206
J.1 Koolmonoxidemelders voor consumenten	206
J.2 Normering en gevoeligheid	209
J.3 Adviezen over plaatsing en testen van melders.....	210
Bijlage K. Resultaten enquête installateurs	212
Bijlage L. Historie en toekomst	223
L.1 Historie	223
L.2 Toekomst.....	224
Bijlage M. Situatie in andere landen	227

Niet alle Nederlanders realiseren zich dat ook zij in hun woning ziek kunnen worden of zelfs kunnen overlijden als gevolg van blootstelling aan koolmonoxide. Toch is dit een risico in ruim 90 procent van de woningen, waar zich gasverbrandingsinstallaties bevinden. Betrokken partijen zoals bewoners/eigenaren, installateurs, fabrikanten, overheid en hulpverleners hebben nog onvoldoende zicht op de omvang en kenmerken van deze problematiek. Naar het oordeel van de Onderzoeksraad voor Veiligheid hebben bewoners/eigenaren, installateurs, fabrikanten, overheid en hulpverleners alle een verantwoordelijkheid in het voorkomen en beheersen van koolmonoxideongevallen.

Bewoners en woningeigenaren dragen in de eerste plaats zelf een belangrijke verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de installatie in hun woningen. De veronderstelling die bij betrokken partijen leeft, is dat risico's rondom koolmonoxide zich beperken tot woningen waar men deze verantwoordelijkheid niet neemt, zoals bij open afvoerlose toestellen waar te weinig geventileerd wordt of bij toestellen waar onvoldoende onderhoud aan gepleegd wordt, blijkt echter onjuist. Veel van de door de Raad onderzochte ongevallen laten namelijk zien dat de bewoner/eigenaar wel zijn eigen verantwoordelijkheid nam voor een veilige installatie. Hij liet de installatie veelal aanleggen en/of periodiek onderhouden door een installateur met een kwaliteitslabel. Dit gewijzigde inzicht leidt er toe dat de mogelijkheden om het aantal ongevallen te verminderen niet langer alleen gezocht moeten worden bij bewoners/eigenaren, maar ook bij de fabrikanten en installateurs.

Fabrikanten zijn verantwoordelijk voor de productie van veilige installaties. De Onderzoeksraad constateert echter dat fabrikanten niet voor zogenoemde *failsafe* installaties zorgen die zichzelf uitschakelen als ze onveilig zijn. Fabrikanten zorgen daarnaast nog onvoldoende voor zogenoemde *foolproof* installaties, waarbij de mogelijkheid tot verkeerd gebruik door installateur of eigenaar/bewoner beperkt wordt. Ook worden er nog onbetrouwbare koolmonoxidemelders op de markt gebracht.

De verantwoordelijkheid die installateurs dragen voor een veilige plaatsing en onderhoud van installaties wordt momenteel niet goed ingevuld. Het onderhoud door installateurs beperkt zich doorgaans tot het toestel. Zij controleren niet of de complete installatie in samenhang met het gebouw veilig is. Ook zijn zij niet altijd vakbekwaam. Er bestaan onvoldoende waarborgen om de kwaliteit van de installateurs te garanderen.

De vraag is op welke manier de in dit onderzoek blootgelegde problemen bij installateurs en fabrikanten opgelost kunnen worden. De overheid heeft op dit terrein een ontwikkeling ingezet richting deregulering. De Onderzoeksraad realiseert zich dan ook dat aanbevelingen die gericht zijn op nieuwe regelgeving voor verbrandingsinstallaties en installateurs op weinig bijval kunnen rekenen. De gedachte achter deregulering is dat

burgers en bedrijven hun eigen verantwoordelijkheid moeten nemen en zo min mogelijk moeten worden lastiggevallen met regels en al zeker niet met toezicht 'achter de voordeur'.

Als alternatief voor overheidsregulering zet de overheid nu in op private kwaliteitsborging. Hierbij wordt aansprakelijkheid als een prikkel gezien voor opdrachtgever en opdrachtnemer om elkaar scherp te houden. Deze aanpak kan volgens de Raad slechts in beperkte mate bijdragen aan het voorkomen van koolmonoxideongevallen. Een belangrijk deel van de opdrachtgevers voor aanleg en onderhoud van verbrandingsinstallaties in woningen zijn privépersonen met geringe kennis van techniek en opdrachtgeverschap. Zij zijn op dit moment niet in staat om vooraf te beoordelen of een bedrijf in staat is kwaliteit te leveren en om achteraf te controleren of de kwaliteit inderdaad is geleverd. Ook de installatiebranche kan de verantwoordelijkheid voor veilige verbrandingsinstallaties niet volledig op zich nemen. De branche heeft weliswaar diverse kwaliteitslabels in het leven geroepen, maar zelfregulering blijkt in deze versnipperde markt waar sterk op prijs wordt geconcentreerd niet tot voldoende veiligheidswaarborgen te leiden.

De Onderzoeksraad constateert dat de overheid meer zou kunnen doen om bewoners te beschermen tegen de gevaren die verbrandingsinstallaties met zich meebrengen. Juist door een gebrek aan regulering bestaan er momenteel hiaten in het stelsel dat moet zorgen voor de bescherming van bewoners tegen deze gevaren. Door het invoeren van aanvullende wet- en regelgeving en toezicht hierop kan een minimaal veiligheidsniveau afgedwongen worden waar, ongeacht de door installateurs ervaren druk, niet van afgeweken mag worden.

Aanleiding, doel en onderzoeksvragen

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is een onderzoek gestart naar koolmonoxide-ongevallen, omdat het vermoeden bestond dat de gevaren van koolmonoxide mogelijk onvoldoende worden onderkend en/of dat de maatregelen tegen koolmonoxide-ongevallen onvoldoende effectief zijn.

Onder een *ongeval met koolmonoxide* wordt in dit onderzoek verstaan het onbedoeld vrijkomen van een verhoogde concentratie koolmonoxide in een ruimte waar zich mensen in kunnen bevinden. De Raad ziet twee lijnen waarlangs maatregelen genomen kunnen worden. Ten eerste maatregelen om te *voorkomen* dat koolmonoxide wordt geproduceerd en terecht komt in de ruimte. Ten tweede maatregelen om de *gevolgen* van koolmonoxideongevallen te beperken: tijdige detectie, zodat verdere blootstelling en vergiftiging wordt voorkomen en adequate hulpverlening mogelijk is.

Doel van het onderzoek is te achterhalen hoe het komt dat, ondanks veronderstelde kennis, koolmonoxideongevallen plaatsvinden. Ook wil de Raad aanbevelingen doen om de oorzaken van koolmonoxideongevallen weg te nemen en de eventuele gevolgen te beperken. De onderzoeksvragen zijn:

- Hoe ontstaan ongevallen met koolmonoxide?
- Hoe komt het dat betrokken partijen deze niet altijd voorkomen?

Koolmonoxide als onderschat gevaar

Het is niet precies duidelijk hoeveel koolmonoxideongevallen er jaarlijks plaatsvinden in Nederland en hoeveel slachtoffers daarbij vallen. Volgens bekende gegevens vallen jaarlijks tenminste vijf á tien dodelijke slachtoffers en enkele honderden gewonden. Bewoners en hulpverleners merken blootstelling aan koolmonoxide echter niet altijd op. Ook bij sterfgevallen kan koolmonoxidevergiftiging als oorzaak over het hoofd worden gezien. Op basis van een aantal indicatoren vermoedt de Raad dat de werkelijke omvang van de problematiek drie tot vijf keer zo groot is als nu wordt aangenomen.

Koolmonoxide als onbegrepen gevaar

Op basis van documentatie en gesprekken met betrokken partijen constateert de Onderzoeksraad dat er veel onjuiste veronderstellingen bestaan rondom het vrijkomen van koolmonoxide. Van oudsher worden open afvoerloze toestellen (met name geisers) als belangrijkste risicogroep gezien. Bij dit soort toestellen is vooral de ventilatie een cruciale factor. Deze toestellen zijn voor een groot deel vervangen door gesloten afvoergebonden toestellen, met name cv-ketels. Daarmee is het aandeel geisers in de ongevallen teruggelopen, maar zijn nog niet alle risico's weggenomen. Verbrandings-

toestellen zoals cv-ketels kunnen namelijk alleen veilig werken als ze deskundig worden geïnstalleerd en de complete installatie in samenhang met het gebouw wordt onderhouden en gecontroleerd.

Het onderzoek van de Raad naar koolmonoxideongevallen laat zien dat dit lang niet altijd goed gaat. De ongevallen kennen een grote diversiteit en complexiteit aan ongevalsfactoren, die onderling met elkaar samenhangen. De rode draad in die factoren is dat bewoners worden blootgesteld aan koolmonoxide wanneer de veiligheid van het geheel van de installatie in samenhang met het gebouw niet is geborgd. Met deze borging bedoelt de Raad dat niet alleen gekeken wordt naar het toestel maar ook naar de ventilatie, luchttoevoer- en rookgasafvoerleidingen, uitmonding etc. Veel van de onderzochte koolmonoxideongevallen gebeurden met verbrandingsinstallaties (voornamelijk op gas) waarbij een erkende installateur betrokken was die mogelijk zijn werk onvolledig of niet goed heeft gedaan. Dit kan onder meer komen door tijdsdruk of doordat ten onrechte alleen naar het toestel is gekeken in plaats van naar de complete installatie in samenhang met het gebouw.

Sleutel om koolmonoxideongevallen te verminderen ligt bij installateur en fabrikant

De belangrijkste conclusie van de Onderzoeksraad is dat de sleutel om koolmonoxideongevallen te voorkomen niet alleen bij de bewoner/eigenaar gezocht moet worden. Een belangrijk deel van de onderzochte ongevallen vindt plaats in woningen waarvan de bewoners/eigenaren aanleg en periodiek onderhoud hebben laten uitvoeren door een erkende installateur. Onder erkende installateur verstaat de Onderzoeksraad een installateur die is aangesloten bij één van de meerdere kwaliteitslabels vanuit de branche (zoals lid van UNETO-VNI, SEI, Sterkin, BRL6000, Kwaliteitsvakman, OK-CV). Deze ongevallen zijn dus niet ontstaan door een gebrek aan veiligheidsbewustzijn van de bewoner/eigenaar, want die heeft in de meeste gevallen gedaan wat binnen zijn mogelijkheden ligt.

Deze ongevallen ontstaan doordat professionele bedrijven niet zorgen voor een veilige verbrandingsinstallatie. Daarbij gaat het om installateurs die installaties aanleggen en onderhouden, en om fabrikanten die verantwoordelijk zijn voor de productie van de componenten van deze installaties.

De Raad vindt het van belang dat installateurs zich realiseren dat hun aanleg- en onderhoudswerkzaamheden letterlijk het verschil kunnen maken tussen leven en dood. Het is dus van groot belang dat installatiebedrijven maar ook individuele installateurs vakbekwaam zijn.

De ongevallen maken ook duidelijk dat er bij de aanleg en het onderhoud een integrale aanpak nodig is van installatie en gebouw. De Raad ziet daarbij de noodzaak dat fabrikanten van componenten zoals toestellen en rookgasafvoersystemen er samen met de installatiebranche voor zorgen dat installaties zowel *failsafe* als *foolproof* zijn. Dat wil zeggen dat veiligheidsproblemen merkbaar en kenbaar zijn voor de gebruiker, dat de installatie indien nodig uitschakelt en dat fouten tijdens aanleg, gebruik en onderhoud geen ernstige veiligheidsconsequenties hebben. Bewoners/eigenaren en de door hen ingeschakelde installateurs en fabrikanten zijn er gezamenlijk verantwoordelijk voor dat het geheel veilig is, in alle fasen van de levenscyclus van een verbrandingsinstallatie in een gebouw.

Detectie en diagnosticering

Wanneer het niet gelukt is om het koolmonoxideongeval te voorkomen, komt het aan op een tijdige detectie en/of diagnose om verdere blootstelling te verminderen en adequate hulpverlening mogelijk te maken. Bewoners en zorg- en hulpverleners blijken koolmonoxidevergiftigingen niet altijd te herkennen. Soms worden gevallen bij toeval ontdekt wanneer hulpverleners koolmonoxidemeters dragen.

Koolmonoxidemelders zijn een effectief hulpmiddel bij het detecteren van koolmonoxide-ongevallen maar zij zijn niet altijd betrouwbaar in de zin van slecht functionerende sensoren, lege batterijen, etc. Ook blijken gebruikers niet altijd de koolmonoxidemelders op de voorgeschreven manier te gebruiken (incl. plaatsing) of goed op een alarm te reageren.

Borging door branche en overheid

Wet- en regelgeving schrijft voor dat verbrandingsinstallaties in samenhang met het gebouw veilig zijn. De overheid ziet er echter nauwelijks op toe of dit in de praktijk wordt nageleefd. Installateurs die deze veiligheid bij aanleg en onderhoud moeten realiseren, zijn niet altijd vakbekwaam. De branche heeft zelf een aantal kwaliteitslabels ingevoerd, deze bevatten echter belangrijke hiaten als het gaat om het borgen van de veiligheid. Fabrikanten van componenten moeten ook aan wet- en regelgeving voldoen, deze schrijft echter niet voor dat deze componenten ertoe bijdragen dat de installatie als geheel *failsafe* en *foolproof* is.

Nederland in de achterhoede

Bewoners/eigenaren hebben veelal geen mogelijkheid om hun woning op een andere veilige wijze te verwarmen dan door gas. De overheid heeft het stoken op gas gestimuleerd en een alternatief door middel van bijvoorbeeld elektrische verwarming ontbreekt vooralsnog voor de meeste huishoudens. Nederland bezet ten opzichte van de omringende landen waar veel op gas wordt gestookt een plek in de achterhoede, als het gaat om de aanwezigheid en invulling van een stelsel dat de kwaliteit van installateurs en de veiligheid van verbrandingsinstallaties moet waarborgen. In andere landen is onderhoud aan installaties verplicht, worden installaties regelmatig onderworpen aan inspecties, moeten installateurs voldoen aan vakbekwaamheidseisen en wordt hun werk regelmatig geïnspecteerd. Ook koolmonoxidemelders worden in sommige landen verplicht gesteld, als laatste redmiddel voor het geval de installatie toch niet veilig blijkt te zijn. De volgende tabel geeft de plek van Nederland in de achterhoede weer.

Aspect	Verplichte registratie	Keuring installaties	Installateurs	Toezicht
Nederland	Geen	Alleen > 100 kW	Erkenning niet verplicht	Geen
Duitsland	Ongevallen en gebreken	Oplevering, revisie, vervanging	Erkenning verplicht	Netbeheerder/schoorsteenveger
België	Ongevallen	Periodiek onderhoud	Erkenning voor gasaansluiting	Netbeheerder
Groot-Brittannië	Ongevallen en gebreken	Jaarlijkse keuring en onderhoud verplicht in huurwoningen	Erkenning verplicht	HSE, Gas Safe Register
Denemarken	Onbekend	Verplicht onderhoud per 1-2 jaar	Erkenning verplicht	Netbeheerder

Tabel 1: Het Nederlandse stelsel voor de veiligheid van installaties in vergelijking met de ons omringende landen.

Aanbevelingen

Bewoners/eigenaren dragen zelf een belangrijke verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de installatie in hun woningen. Dat veel onderzochte ongevallen plaatsvinden bij bewoners/eigenaren die periodiek onderhoud laten uitvoeren door een installateur met een kwaliteitslabel, laat zien dat het probleem veelal niet bij de bewoner/eigenaar ligt maar bij professionele bedrijven (installateur, fabrikant).

De Onderzoeksraad wijst op de hiaten in het stelsel dat de veiligheid van verbrandingsinstallaties moet waarborgen. Dat geldt zowel voor de borging vanuit de branche als het toezicht vanuit de overheid. Uit gesprekken met branchepartijen blijkt de wil om dit stelsel structureel te verbeteren.

Als betrokken partijen in de branche ziet de Raad onder meer installateurs, fabrikanten van toestellen, toe- en afvoerleidingen, koolmonoxidemelders, hun koepelorganisaties (zoals UNETO-VNI, VvK, NHK, RoGaFa), kwaliteitsborgers (KvINL, Sterkin, Zelfstandigen Bouw, SCIOS, Sfeerverwarmingsgilde) en netbeheerders (via hun koepelorganisatie Netbeheer Nederland).

Gezien het groot aantal betrokken partijen, met ieder hun eigen belangen, en het belang van een integrale aanpak, kan de verantwoordelijkheid niet volledig bij de branche gelegd worden. De Raad meent dan ook dat de overheid de regie in handen moet nemen om zorg te dragen voor een stelsel waarbij de veiligheid van bewoners geborgd wordt. Specifiek ziet de Onderzoeksraad hier een regisserende rol weggelegd voor de minister van Wonen en Rijksdienst (verantwoordelijk voor veilige woningen inclusief installaties) en de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (verantwoordelijk voor veilige producten zoals gasteestellen en koolmonoxidemelders).

De Onderzoeksraad voor Veiligheid beveelt de betrokken ministers aan om de inzichten uit dit rapport te gebruiken om samen met de betrokken partijen te komen tot een integrale aanpak om koolmonoxideongevallen tegen te gaan en een stelsel te realiseren dat de bewoner voldoende waarborgen biedt voor een veilige verbrandingsinstallatie. De Raad doet daarbij de volgende aanbevelingen aan de ministers waarbij de Raad ervan uitgaat dat de uitwerking van deze aanbevelingen plaatsvindt in samenwerking met de hierboven genoemde betrokken partijen.

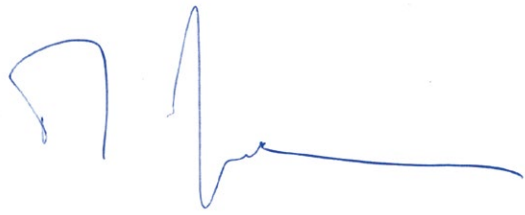
Aan de minister van Wonen en Rijksdienst en de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport:

1. Stel een wettelijk verplichte uniforme erkenningsregeling in voor alle installateurs die verbrandingsinstallaties aanleggen en/of onderhouden in woningen en andere gebouwen. De vakbekwaamheid van installatiebedrijven inclusief alle individuele installateurs met betrekking tot de gehele verbrandingsinstallatie in samenhang met het gebouw dient met deze regeling geborgd te worden. Deze regeling moet het vertrouwen van bewoners/eigenaren en andere opdrachtgevers waarmaken door toe te zien op zowel het vakmanschap van de installateur als op het resultaat van diens werkzaamheden, namelijk een veilige installatie.

Opmerking: De Onderzoeksraad heeft overwogen om verplichte opleverkeuringen bij aanleg en periodieke keuringen van de verbrandingsinstallatie aan te bevelen. Gezien de grote praktische implicaties heeft de Raad hier niet voor gekozen. De Raad meent dat met eerder genoemde wettelijke regeling het stelsel dat de veiligheid van verbrandingsinstallaties moet waarborgen sterk verbeterd wordt. Mocht echter blijken dat bovengenoemde erkenningsregeling - mede in relatie tot toekomstige ontwikkelingen - onvoldoende borging biedt voor een veilige verbrandingsinstallatie, dienen betrokken partijen alsnog te overwegen om deze keuringen in het stelsel op te nemen.

2. Formuleer wettelijke eisen (eventueel in Europees verband) die ertoe leiden dat verbrandingsinstallaties als geheel *failsafe* en *foolproof* zijn.
3. Maak direct de volledige testresultaten van koolmonoxidemelders openbaar zodat bewoners/eigenaren zelf in staat worden gesteld om een bewuste afweging te maken bij de aanschaf ervan.
4. Formuleer daarnaast wettelijke eisen (eventueel in Europees verband) die ertoe leiden dat de betrouwbaarheid en effectiviteit van koolmonoxidemelders gewaarborgd wordt. Stimuleer vervolgens de toepassing van betrouwbare en effectieve koolmonoxidemelders in woningen en publieke gebouwen.
5. Zorg voor voorlichting over de risico's met betrekking tot koolmonoxide bij bewoners/eigenaren, installateurs en hulpverleners.

6. Monitor de problematiek en de effectiviteit van maatregelen door registratie en onderzoek van koolmonoxideongevallen.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, rounded initial 'J' followed by a series of connected loops and a long horizontal stroke at the end.

mr. T.H.J. Joustra
Voorzitter Onderzoeksraad voor Veiligheid

A handwritten signature in blue ink, featuring a stylized initial 'M' with several vertical strokes, followed by a long, sweeping diagonal stroke.

mr. M. Visser
Algemeen secretaris

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding	15
1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen.....	16
1.3 Afbakening	17
1.4 Onderzoeksaanpak	18
1.5 Betrokken partijen	18
1.6 Referentiekader	19
1.7 Leeswijzer	22

1.1 Aanleiding

Koolmonoxide staat bekend als een 'sluipmoordenaar': het is een giftig gas dat mensen niet kunnen zien, ruiken of proeven. Wie aan koolmonoxide wordt blootgesteld, merkt dat niet altijd tijdig op. Dat geldt zowel wanneer iemand acuut aan een hoge concentratie koolmonoxide wordt blootgesteld, als wanneer er sprake is van langdurige blootstelling aan een lagere concentratie. In beide gevallen kan dat leiden tot vergiftiging met ingrijpende consequenties, en met mogelijk dodelijke afloop.

Jaarlijks vallen in Nederland gemiddeld vijf tot tien dodelijke slachtoffers en raken enkele honderden mensen gewond als gevolg van ongevallen met koolmonoxide in de huiselijke omgeving. De omvang van de problematiek met koolmonoxide is met onzekerheid omgeven. Verschillende organisaties (zoals VeiligheidNL, Kiwa Technology, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM, Centraal Bureau voor de Statistiek CBS en brandweer) komen op basis van verschillende bronnen (mediaberichten, meldingen hulpdiensten, incidenten netbeheerders) tot verschillende schattingen van het aantal doden en gewonden. Daarnaast is er een onbekend aantal slachtoffers die ziek worden of overlijden als gevolg van koolmonoxidevergiftiging, zonder dat die als oorzaak wordt onderkend.¹

Koolmonoxide is een gevaar dat in de samenleving als bekend verondersteld wordt. Datzelfde geldt voor de maatregelen die nodig zijn om een ongeval met koolmonoxide te voorkomen. In voorlichtingsmateriaal van bijvoorbeeld brandweer en VeiligheidNL wordt gewaarschuwd voor het gevaar van koolmonoxide. Daarin staat ook vermeld op welke manier ongevallen kunnen worden voorkomen. Namelijk door voldoende te ventileren, jaarlijks onderhoud te laten plegen door een vakman c.q. door de branche erkende installateur en een koolmonoxidemelder te plaatsen.² Dat er toch jaarlijks zoveel slachtoffers vallen, doet de Raad vermoeden dat mogelijk de gevaren van koolmonoxide onvoldoende worden onderkend, of dat de adviezen onvoldoende effectief zijn. Koolmonoxide is een gevaar dat zich blijkbaar onverwacht in uiteenlopende situaties kan voordoen, met mogelijk ingrijpende consequenties voor de betrokkenen. Daarom kan worden gesproken van een maatschappelijk probleem. Voor de Raad was dit reden om een onderzoek te starten naar ongevallen met koolmonoxide.³ Dit document is het eindrapport van dit onderzoek.

¹ Er is mogelijk sprake van onderregistratie, aangezien ongevallen met koolmonoxide niet altijd worden ontdekt en geregistreerd (er is geen meldplicht).

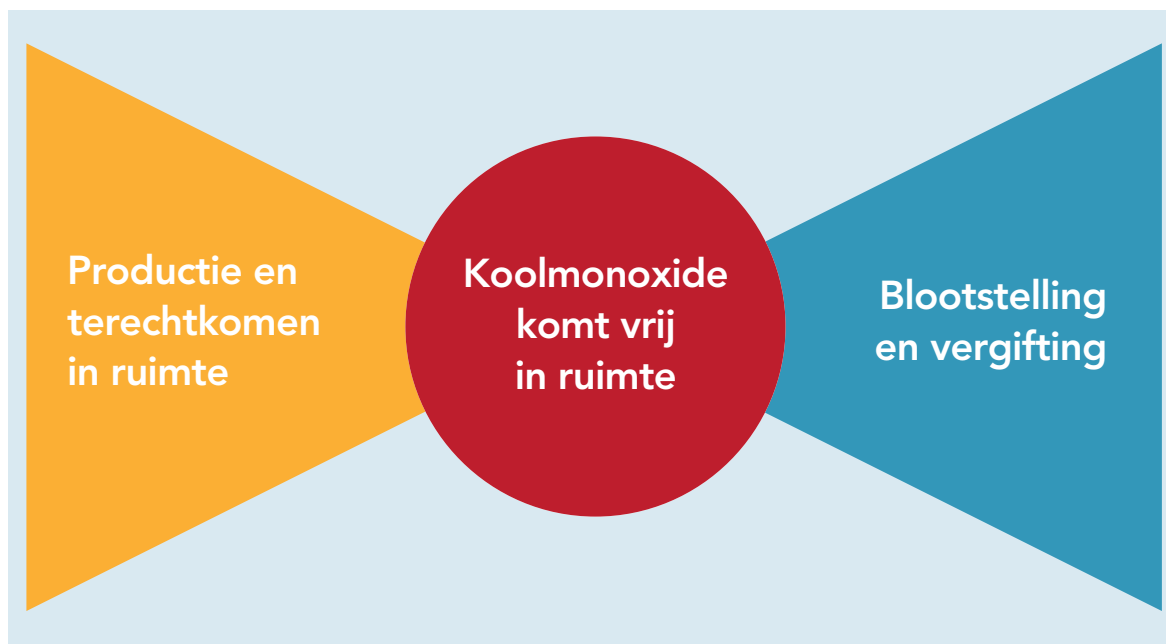
² Zie https://www.brandweer.nl/brandveiligheid/veilig_wonen/koolmonoxide, <http://www.veiligheid.nl/tips-en-advies/koolmonoxide> en diverse medische publicaties over koolmonoxide (zie paragraaf 3.5).

³ Bij het onderzoek van de Raad naar een ongeval in een mestsilo speelde een vergelijkbaar vraagstuk. Ondanks dat het gevaar van mestgassen als bekend werd verondersteld, zijn de resultaten van het onderzoek naar de mestsilo goed ontvangen door de branche. Zie Onderzoeksraad voor Veiligheid, *Dodelijk ongeval in mestsilo te Makkinga*, februari 2014.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

Onder een *ongeval met koolmonoxide* verstaat de Raad in dit onderzoek: het onbedoeld vrijkomen van een verhoogde concentratie koolmonoxide in een ruimte waar zich mensen kunnen bevinden,⁴ al dan niet met vergiftiging tot gevolg.

Om koolmonoxideongevallen en de gevolgen daarvan te voorkomen, kunnen langs twee lijnen maatregelen worden ingezet om barrières op te werpen. Langs de eerste lijn zijn er maatregelen die gericht zijn op de *oorzaak* van het ongeval. Dit zijn maatregelen die voorkomen dat koolmonoxide wordt geproduceerd en terechtkomt in de ruimte. De tweede lijn zijn maatregelen die gericht zijn op het beperken van de *gevolgen*. Deze maatregelen zijn gericht op tijdige detectie van het vrijkomen van koolmonoxide, zodat verdere blootstelling en vergiftiging worden voorkomen en adequate hulpverlening mogelijk is. In de volgende figuur is dit weergegeven in een vlinderdasmodel: centraal staan de koolmonoxideongevallen, links de oorzaken van de ongevallen en rechts de gevolgen.⁵ In het rapport wordt ook gerefereerd aan incidenten. Bij een incident zijn een of meerdere barrières weggevallen, maar is er nog geen koolmonoxide vrijgekomen in de ruimte. Dit kan worden beschouwd als een bijna-ongeval.



Figuur 1: Schematische weergave koolmonoxideongeval.

⁴ Het vrijkomen van koolmonoxide in een ruimte is het gevolg van de combinatie van twee gebeurtenissen: (1) de productie van koolmonoxide en (2) het terechtkomen van het koolmonoxide in een ruimte.

⁵ Voor nadere uitleg over het ontstaan van koolmonoxideongevallen zie hoofdstuk 2 (paragraaf 2.1 en 2.3) en bijlage D.

Doelen van het onderzoek zijn:

- Achterhalen hoe het komt dat, ondanks veronderstelde kennis, koolmonoxide-ongevallen plaatsvinden.
- Aanbevelingen doen om de oorzaken van koolmonoxideongevallen weg te nemen en de eventuele gevolgen te beperken.

Hieruit volgen de onderzoeksvragen:

- Hoe ontstaan ongevallen met koolmonoxide?
- Hoe komt het dat betrokken partijen deze niet altijd voorkomen?

1.3 Afbakening

Het onderzoek richt zich op ongevallen waarbij een verhoogde concentratie koolmonoxide vrijkomt in ruimten waar mensen verblijven. De focus ligt daarbij op ongevallen in de huiselijke omgeving.⁶ In het vervolg van de tekst wordt nog slechts gesproken over woning (tenzij het ongeval elders plaatsvond); er kan ook gebouw of ruimte gelezen worden. Hetzelfde geldt voor de mensen die in de ruimten aanwezig kunnen zijn: deze worden aangeduid met bewoners, terwijl het in andere gebouwen ook kan gaan om bijvoorbeeld personeel, scholieren, of klanten.

Het onderzoek beperkt zich tot koolmonoxide dat vrijkomt door een onvolledige verbranding bij een bedoeld verbrandingsproces.⁷ Het gaat niet in op koolmonoxide dat vrijkomt bij brand. Ook opzet, zoals poging tot zelfmoord, is uitgesloten van het onderzoek, evenals roken.

In beginsel zijn alle typen verbrandingsinstallaties⁸ in beschouwing genomen. Gaandeweg het onderzoek is de scope beperkt tot de verbrandingstoestellen die het vaakst ongevallen hebben veroorzaakt. Dit zijn cv-ketels, geisers en kachels/haarden. In het onderzoek is daarnaast de nadruk komen te liggen op de rol van de installateurs, als belangrijkste partij bij het voorkomen van koolmonoxideongevallen en het beperken van de gevolgen. De reden hiervoor is dat zij een sleutelrol spelen bij de veiligheid van verbrandingsinstallaties.

6 De Raad hanteert een ruime opvatting van de term huiselijke omgeving. Zo zijn naast woningen ook caravans, vakantiehuisen, boten en bepaalde publieke gebouwen (scholen, kinderdagverblijven en sportkantines) in beschouwing genomen. In dergelijke omgevingen hebben zich de afgelopen jaren meerdere ongevallen voorgedaan.

7 Met bedoeld verbrandingsproces wordt bedoeld: opzettelijke verbranding in een toestel met als doel het opwekken van warmte/energie om bijvoorbeeld te koken of te verwarmen. De verbranding is bedoeld, de wijze waarop (bijvoorbeeld onvolledige verbranding met koolmonoxideproductie tot gevolg) kan onbedoeld zijn. Brand is een onbedoeld verbrandingsproces.

8 Een verbrandingsinstallatie is een installatie voor het opwekken van warmte of energie door verbranding van vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen, bijvoorbeeld voor koken, warm tapwater of verwarming. De installatie bevat het geheel aan componenten in een gebouw die nodig zijn voor de verbranding en voor de distributie van de warmte/energie. Denk aan het verbrandingstoestel zelf, luchttoevoer en rookgasafvoer, warmwater- en gasleidingen en elektrische sturingen.

1.4 Onderzoeksaanpak

Centraal in dit onderzoek staat de interactie tussen de techniek (verbrandingsinstallatie en gebouw: toestel, luchttoevoer, rookgasafvoer, ventilatie) en mens en/of organisatie (bewoner, eigenaar, verhuurder, installateur, fabrikant, et cetera). Het onderzoek bestaat uit:

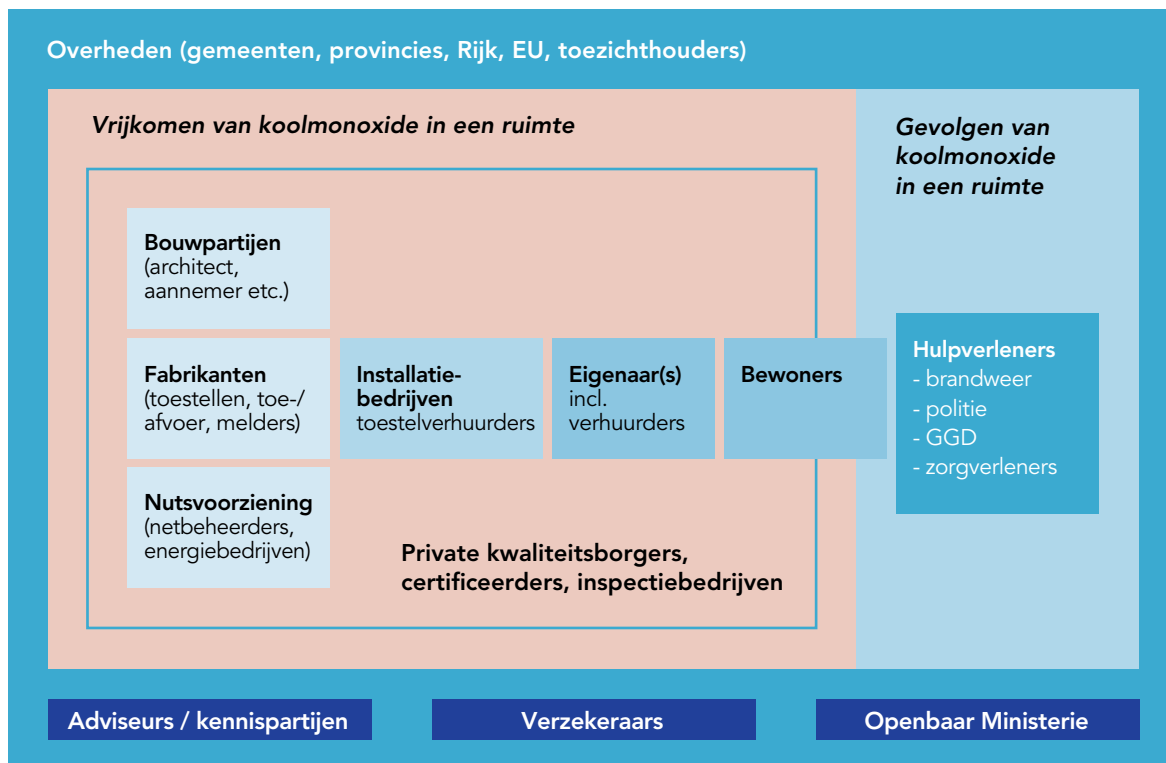
1. *Onderzoek naar de bestaande kennis over koolmonoxide.* Hierbij is gekeken naar de oorzaken van ongevallen en de maatregelen om deze te voorkomen. De basis voor dit onderzoek is een literatuur- en documentenstudie (van onder andere beleid, wetenschappelijke literatuur en voorlichtingsmateriaal).
2. *Onderzoek naar ongevallen met koolmonoxide:*
 - *Kwalitatief* - Er zijn vijftien ongevallen nader onderzocht. Daarvan zijn er vijf beschreven in dit rapport. Deze ongevallen illustreren de diversiteit aan factoren en combinaties daarvan, die leiden tot koolmonoxideongevallen. Ook bieden ze inzicht in de directe en deels achterliggende oorzaken. Dit onderzoek is gebaseerd op documentenstudie, interviews met betrokkenen en, als dat mogelijk en nodig was, technisch onderzoek ter plaatse en/of aan de installatie.
 - *Kwantitatief* - De kenmerken en omvang van het probleem zijn onderzocht. Basis voor dit onderzoek was een grootschalige enquête onder bewoners die mogelijk betrokken zijn geweest bij een ongeval met koolmonoxide. Daartoe zijn zo veel mogelijk (vermoedelijke) ongevallen verzameld uit de periode tussen 2012 en 2014. Bij het verzamelen en analyseren van deze ongevallen is onder meer gebruikgemaakt van informatie van de brandweer, berichtgeving in (sociale) media en de antwoorden die bewoners hebben gegeven in de enquête. Naast de enquête onder bewoners is ook een enquête onder installateurs afgenomen. Daarin werd gevraagd naar hun visie op vakmanschap en de belemmeringen die zij ervaren om als vakman te functioneren.
3. *Onderzoek naar het stelsel waarbinnen de ongevallen plaatsvinden.* Dit stelsel bestaat onder meer uit de wet- en regelgeving, de verantwoordelijkheden van betrokken partijen en de wijze waarop de overheid en de branche de veiligheid waarborgen. Er is ook gekeken naar andere landen en aandacht besteed aan de historische en toekomstige ontwikkelingen. De basis voor dit onderzoek waren interviews met betrokken partijen, expertsessies met betrokkenen en een literatuurstudie.

1.5 Betrokken partijen

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de belangrijkste partijen die een rol spelen bij ongevallen met koolmonoxide. Aan de linkerkant staan de partijen die zorg dragen voor de aanwezigheid en staat van verbrandingsinstallaties in gebouwen. Daarmee dragen ze de verantwoordelijkheid om te voorkomen dat koolmonoxide vrijkomt. Het gaat hier in eerste instantie om de partijen die het gebouw neerzetten, de fabrikanten

van de toestellen en andere componenten en de partijen die de energie leveren. Daarnaast zijn er de installatiebedrijven die de installaties aanleggen en onderhouden in opdracht van woningeigenaren. De installaties worden uiteindelijk gebruikt door de bewoners.

Aan de rechterkant staan de partijen die betrokken zijn bij de gevolgen van vrijgekomen koolmonoxide. Naast de bewoners zijn dit de verschillende hulp- en zorgverleners. Ook in de figuur weergegeven zijn de partijen die vanuit de branche de veiligheid borgen: certificeerders en inspectiebedrijven. Daaromheen vindt toezicht plaats vanuit de overheid. Daarbij gaat het in eerste instantie om de minister van Wonen en Rijksdienst en daarnaast om de Europese Commissie. Verantwoordelijke toezichthouders op deelgebieden zijn onder meer de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA), gemeentelijke afdelingen Bouw- en Woningtoezicht en provincies. Het Openbaar Ministerie (OM) kan naar aanleiding van een koolmonoxideongeval tot vervolging overgaan. Tot slot spelen verzekeraars, adviseurs en kennispartijen een rol.



Figuur 2: Partijen die een rol spelen bij ongevallen met koolmonoxide of het voorkomen ervan. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.6 Referentiekader

Bij de beoordeling van een voorval of een reeks voorvallen hanteert de Onderzoeksraad een referentiekader. Hieraan wordt het handelen van de bij een voorval betrokken partijen getoetst. Dit beoordelingskader is gebaseerd op enerzijds wet- en regelgeving, normen en richtlijnen van de branche en anderzijds op de visie van de Raad op het zo goed als praktisch mogelijk beheersen van veiligheidsrisico's. Deze paragraaf beschrijft wat de Raad

verwacht van betrokken partijen bij het voorkomen van en het reageren op ongevallen met koolmonoxide. Centraal staan de verbrandingsinstallatie in de huiselijke omgeving en de verschillende partijen die een rol spelen bij het waarborgen van de veiligheid daarvan.

1.6.1 Uitgangspunten bij het voorkomen van koolmonoxideongevallen

Bewoners/eigenaren als opdrachtgevers

Bij de ongevallen die de Raad doorgaans onderzoekt, gaat vanzelfsprekend de aandacht uit naar het bedrijf of de instelling waar het ongeval plaatsvond. Maar ook partijen rondom een dergelijk bedrijf spelen een rol in het signaleren van risico's. De Raad ziet in het bijzonder een rol weggelegd voor opdrachtgevers. Degene die opdracht geeft een veiligheidskritische handeling te verrichten, moet zich ervan verzekeren dat de opdrachtnemer een veilig resultaat oplevert. Dit onderzoek naar koolmonoxideongevallen richt zich niet op ongevallen bij bedrijven, maar op ongevallen in de huiselijke omgeving. Hierbij zijn de opdrachtgevers in een deel van de gevallen particulieren: bewoners en/of eigenaren.⁹ Deze bewoners en/of eigenaren zijn eindverantwoordelijk voor de veiligheid van de installatie in hun woning. De bewoners voor een veilige werking en gebruik en de eigenaren voor veilige aanleg en onderhoud. Bewoners/eigenaren zijn ook de partij die onderhoud kan laten verrichten,¹⁰ maar zij beschikken niet altijd over de benodigde kennis om de kwaliteit en veiligheid van het uitgevoerde werk (plaatsing of onderhoud¹¹ van een verbrandingsinstallatie) te beoordelen.¹² Zij moeten er dan ook op kunnen vertrouwen dat de vakman een veilige installatie oplevert.

Fabrikanten en installateurs

De Onderzoeksraad vindt het van het grootste belang dat de partijen die zorg dragen voor de aanwezigheid en staat van verbrandingsinstallaties in gebouwen, al het nodige doen om koolmonoxideongevallen te voorkomen. Hiermee doelt de Raad op de partijen die verantwoordelijk zijn voor de productie van verbrandingsinstallaties en de componenten daarvan (zoals toestelfabrikanten, fabrikanten van rookgasafvoer- en luchttoevoerleidingen) en voor de aanleg en het onderhoud (installateurs). De Raad hanteert hierbij de volgende leidende principes voor veilige verbrandingsinstallaties en veilige aanleg en onderhoud van deze installaties:

- *Veilige verbrandingsinstallaties* - Veel van de verbrandingsinstallaties waarmee ongevallen met koolmonoxide plaatsvinden, bevinden zich in ruimten waar mensen verblijven, of staan hiermee in verbinding. Omdat er verbranding plaatsvindt in een verbrandingsinstallatie, worden per definitie giftige gassen geproduceerd, waaronder koolmonoxide. Afhankelijk van de concentratie en het vrijkomen ervan in een ruimte

⁹ Dit zijn onder meer eigenwoningbezitters, woningcorporaties, vastgoedbeleggers en particuliere verhuurders.

¹⁰ Onder professioneel onderhoud laten verrichten verstaat de Onderzoeksraad het inhuren van een vakman (competente installateur), deze een opdracht verlenen waarbinnen voldoende kwaliteit kan worden geleverd, en het uitvoeren van toezicht op deze opdracht.

¹¹ De installatie moet voldoen aan de wet- en regelgeving. Onder voldoende onderhoud verstaat de Onderzoeksraad het onderhoud dat de toestelfabrikant voorschrijft. Dit is meestal eens per jaar, soms eens per twee jaar. Het onderhoudsmoment is ook een controlemoment, waarbij moet worden vastgesteld dat de installatie blijvend aan de wet- en regelgeving voldoet.

¹² Van bewoners die geen eigenaar zijn van hun woning en/of installatie, verwacht de Onderzoeksraad dat zij meewerken aan de benodigde werkzaamheden. Op die manier kan de eigenaar zijn verantwoordelijkheid voor de veilige installatie waarmaken. Ook verwacht de Raad dat bewoners de adviezen voor het gebruik van de installatie opvolgen.

levert dit al dan niet gevaar op voor mensen. De Raad vindt dat deze installaties niet ongemerkt mogen falen en zo gebruikers blootstellen aan koolmonoxide.

- *Veilige aanleg en onderhoud van verbrandingsinstallatie* - Installateurs spelen een sleutelrol bij de veiligheid van installaties. Daarom vindt de Onderzoeksraad het van belang dat de installateur een vakman is. Daarbij gaat het om opleiding en ervaring, veiligheidsbewustzijn, werken volgens de laatste inzichten, het leren van fouten en nieuwe ontwikkelingen en het bestand zijn tegen druk van klanten, concurrenten en de eigen organisatie. Verder moet hij het kunnen constateren als installaties onveilig zijn en/of niet aan wet- en regelgeving voldoen.^{13, 14}

1.6.2 Uitgangspunten borging en toezicht

Uitgangspunt voor de Onderzoeksraad is dat bedrijven zelf verantwoordelijk zijn voor het beheersen van hun processen. Zij beheersen deze zodanig dat voorkomen wordt dat gevaren optreden en zodanig dat personen en goederen zo veel als mogelijk tegen deze gevaren worden beschermd.

Borging vanuit de branche

Er zijn verschillende manieren waarop private partijen de veiligheid in hun branche zelf kunnen borgen. Bij private borging zijn er wel wettelijke regels, alleen borgt de branche de naleving ervan, niet de overheid.¹⁵ Bij zelfregulering gaat de branche nog een stapje verder: dan stelt hij zelf regels op die hij vervolgens ook zelf handhaaft, al dan niet binnen een wettelijk kader.¹⁶

Er zijn geen wettelijke eisen waaraan installatiebedrijven moeten voldoen om als bedrijf te mogen opereren en installatiewerkzaamheden te mogen verzorgen.¹⁷ Wel kunnen installatiebedrijven zich laten erkennen en/of certificeren door een aantal private instanties, opgericht vanuit de branche. Dit is een vorm van zelfregulering. De erkenningen en certificaten die de installatiebedrijven hierbij krijgen, zijn kwaliteitslabels die volgens de branche vertrouwen moeten scheppen.¹⁸ Opdrachtgevers zouden er dus op mogen vertrouwen dat een installateur met een kwaliteitslabel, garant staat voor een professionele uitvoering van hun opdracht, met als resultaat een veilige installatie. De Onderzoeksraad kijkt daarom ook naar de organisaties die betrokken zijn bij het erkennen en certificeren van installatiebedrijven. Volgens de Raad moeten zij ervoor zorgen dat de kwaliteitslabels die zij verstrekken, dat vertrouwen waarmaken.

¹³ Deze criteria zijn gebaseerd op de verschillende erkennings- en certificeringsregelingen en literatuuronderzoek over vakmanschap, lerende organisaties en autonomie. Bij lerende organisaties gaat het over de mate waarin organisaties kennis opbouwen en beheersen: leren van succes en falen in het verleden en het effectief overbrengen van deze lessen naar de huidige en toekomstige kenniswerkers. Daarnaast zijn ze gebaseerd op een expertsessie met installateurs, die de Onderzoeksraad heeft georganiseerd.

¹⁴ Er zijn diverse normen opgesteld die gebruikt kunnen worden om na te gaan of aan de wet- en regelgeving wordt voldaan. Voor de situaties die het meest voorkomen, kan 'Kleintje Gas' worden geraadpleegd. Hierin is de meest relevante informatie samengevat.

¹⁵ Erasmus Universiteit, *Private borging van regelgeving in het Omgevingsrecht*, 2013.

¹⁶ Baarsma, B., *Afwegingskader bij het gebruik van zelfreguleringsinstrumenten*, 2010.

¹⁷ Uitzondering hierop zijn installatiebedrijven die werken aan grote stookinstallaties (meer dan 100 kW), of installaties die bestaan uit meerdere ketels met een gezamenlijk vermogen van meer dan 100 kW.

¹⁸ Zie onder meer de website van Kwaliteit voor Installaties Nederland (KvINL) www.kvinl.nl, Sterkin www.sterkin.nl, SCIOS www.scios.nl en Keurmerk Kwaliteitsvakman www.keurmerkkwaliteitsvakman.nl.

Toezicht vanuit de overheid

De Onderzoeksraad verwacht van de overheid dat zij als systeemverantwoordelijke borgt dat het stelsel zo is ingericht dat de veiligheid zo goed als mogelijk wordt geborgd. Vanuit deze rol verwacht de Raad dat de overheid de veiligheid in de gaten houdt. De overheid moet interveniëren als de branche zelf niet in staat blijkt te zijn om de veiligheid te borgen en het publieke belang in het geding komt. Ook verwacht de Raad dat de overheid zelf vaststelt in hoeverre wet- en regelgeving in de praktijk wordt nageleefd.

1.6.3 Uitgangspunten beheersing van gevolgen (detectie en diagnosticering)

Betrouwbare detectie

Als er een ongeval met koolmonoxide¹⁹ plaatsvindt, zijn er hulpmiddelen die ervoor kunnen zorgen dat dit wordt gedetecteerd: koolmonoxidemelders en -meters. De Raad vindt het van groot belang dat deze hulpmiddelen betrouwbaar zijn. Het is van levensbelang dat deze hulpmiddelen wel in alarm gaan, als koolmonoxide vrijkomt in een ruimte. Daarnaast is het voor het draagvlak van deze hulpmiddelen belangrijk dat ze niet in alarm gaan, als er geen koolmonoxide vrijkomt.

Juiste diagnose

Bij ongevallen met koolmonoxide kunnen verschillende hulp- en zorgverleners betrokken zijn, zoals ambulancepersoneel, brandweerlieden en politiemensen. De Onderzoeksraad vindt het van belang dat hulp- en zorgverleners zo snel als mogelijk herkennen dat sprake is van een ongeval met koolmonoxide. Bij medische zorgverleners is het van belang dat zij zo snel mogelijk de juiste diagnose stellen en, als dat nodig is, een behandeling in gang zetten.

1.7 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 staan een kwantitatieve en kwalitatieve beschouwing van de problematiek van koolmonoxideongevallen. Een selectie van illustratieve ongevallen is uitgebreid beschreven (kwalitatief). Daarnaast zijn enkele relevante kenmerken en factoren gekwantificeerd op basis van een enquête onder bewoners van woningen en andere gebouwen waar zich een koolmonoxideongeval heeft voorgedaan. Hoofdstuk 3 bevat de analyse. Daarin worden factoren beschreven die verklaren hoe het komt dat ongevallen met koolmonoxide ontstaan en tot bepaalde gevolgen leiden. Ook staat in dit hoofdstuk wat daarvan kan worden geleerd: techniek, aanleg, gebruik en onderhoud. Ook de borging door de branche en overheid, detectie en diagnosticering komen in dit hoofdstuk aan bod. Hoofdstuk 4 bevat de conclusies. De aanbevelingen volgen in hoofdstuk 5.

Het rapport bevat een aantal omkaderde teksten: de blauwe kaders geven voorbeelden of detailinformatie ter illustratie, de gele kaders bevatten (deel)conclusies. Achterin het rapport is een begrippen- en afkortingenlijst opgenomen. Verder bevat het rapport diverse bijlagen, waaronder de onderzoeksverantwoording, feitelijke informatie over

¹⁹ Zie paragraaf 1.2 en 2.1 voor de definitie van koolmonoxideongeval.

koolmonoxide en de installaties die koolmonoxide produceren, gezondheidseffecten, resultaten van ongevalsonderzoek en analyse van de ongevalsdatabase, koolmonoxide-melders, een schets van historische en toekomstige ontwikkelingen. Ook vindt u in de bijlage de situatie in andere landen en de resultaten van een enquête onder slachtoffers van koolmonoxideongevallen en onder installateurs. De reacties op het inzagecommentaar zijn in te zien op www.onderzoeksraad.nl.

2 PROBLEMATIEK KOOLMONOXIDE

2.1 Enkele begrippen vooraf.....	25
2.2 Illustratieve ongevallen.....	29
2.3 Ongevalsefactoren illustratieve ongevallen	34
2.4 Kenmerken problematiek.....	38
2.5 Omvang problematiek	48

2 PROBLEMATIEK KOOLMONOXIDE

Dit hoofdstuk schetst een beeld van de problematiek van koolmonoxideongevallen, zowel in kwalitatieve als in kwantitatieve zin. Dit beeld is nodig om te begrijpen waardoor deze ongevallen ontstaan en wat de aangrijpingspunten zijn voor verbetering. Ook wilde de Raad nagaan of de veronderstellingen van betrokken partijen over de problematiek van koolmonoxideongevallen kloppen.

Het hoofdstuk begint met een beschrijving van de relevante begrippen die in de paragrafen en hoofdstukken daarna aan de orde komen. Daarna volgt een selectie van ongevallen die volgens de Raad illustratief is voor de problematiek. Op basis hiervan is het generieke mechanisme beschreven waardoor koolmonoxideongevallen ontstaan. De laatste paragrafen beschrijven de belangrijkste kenmerken van ongevallen met koolmonoxide en bevatten een schatting van de omvang van de problematiek.

2.1 Enkele begrippen vooraf

In deze paragraaf zijn de kernbegrippen toegelicht die relevant zijn om de beschrijvingen en analyses van de koolmonoxideongevallen te kunnen begrijpen.

Wat is een koolmonoxideongeval?

In dit onderzoek verstaat de Onderzoeksraad onder koolmonoxideongeval het onbedoeld vrijkomen van een verhoogde concentratie koolmonoxide in een ruimte waar mensen verblijven,²⁰ al dan niet met vergiftiging tot gevolg.

Wat is koolmonoxide en hoe ontstaat het?

Bij volledige verbranding van koolstofhoudende stoffen, zoals hout, kunststof en fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas, steenkool) reageert de koolstof (C) met zuurstof (O₂) en wordt koolstofdioxide (CO₂) gevormd. Door een tekort aan zuurstof kan onvolledige verbranding plaatsvinden. In dat geval wordt er minder CO₂ geproduceerd en in plaats hiervan ontstaat koolmonoxide (CO). Voor CO is een zuurstofatoom minder nodig dan voor CO₂. Onvolledige verbranding kan ook het gevolg zijn van een te lage verbrandings-temperatuur. Koolmonoxide is brandbaar²¹ en giftig en daarnaast kleur-, geur- en smaakloos (dus niet waarneembaar²²). Koolmonoxide is wel detecteerbaar met apparatuur zoals een koolmonoxidemelder of -meter.

²⁰ Het vrijkomen van koolmonoxide in een ruimte is het gevolg van de combinatie van twee gebeurtenissen: (1) de productie van koolmonoxide en (2) het terechtkomen van het koolmonoxide in een ruimte.

²¹ Dit onderzoek gaat niet in op de brandbaarheid van koolmonoxide, maar wel op de giftigheid ervan (zie bijlage E).

²² Bij onvolledige verbranding kunnen ook andere verbrandingsproducten vrijkomen, die wel herkenbaar zijn via bijvoorbeeld reuk. Deze kunnen een indicatie zijn voor de aanwezigheid van koolmonoxide. Dit hoeft echter niet het geval te zijn.

Welke typen verbrandingstoestellen zijn er?

Van een groot aantal verbrandingsapparaten, -toestellen en -installaties²³ kan het gebruik tot de productie van koolmonoxide leiden. Aangezien dit onderzoek zich (voornamelijk) richt op ongevallen in huiselijke omgeving zijn voor dit onderzoek met name de volgende toestellen (mogelijk) relevant:²⁴

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

In de volgende figuur zijn ter illustratie foto's van verschillende typen verbrandingsapparaten opgenomen.



Figuur 3: Mogelijke bronnen voor de productie van koolmonoxide in de huiselijke omgeving. Bij barbecue en aggregaat treedt het risico op koolmonoxideongevallen vooral op bij gebruik binnenshuis of in een afgesloten ruimte. (Bronnen: Kiwa en Shutterstock)

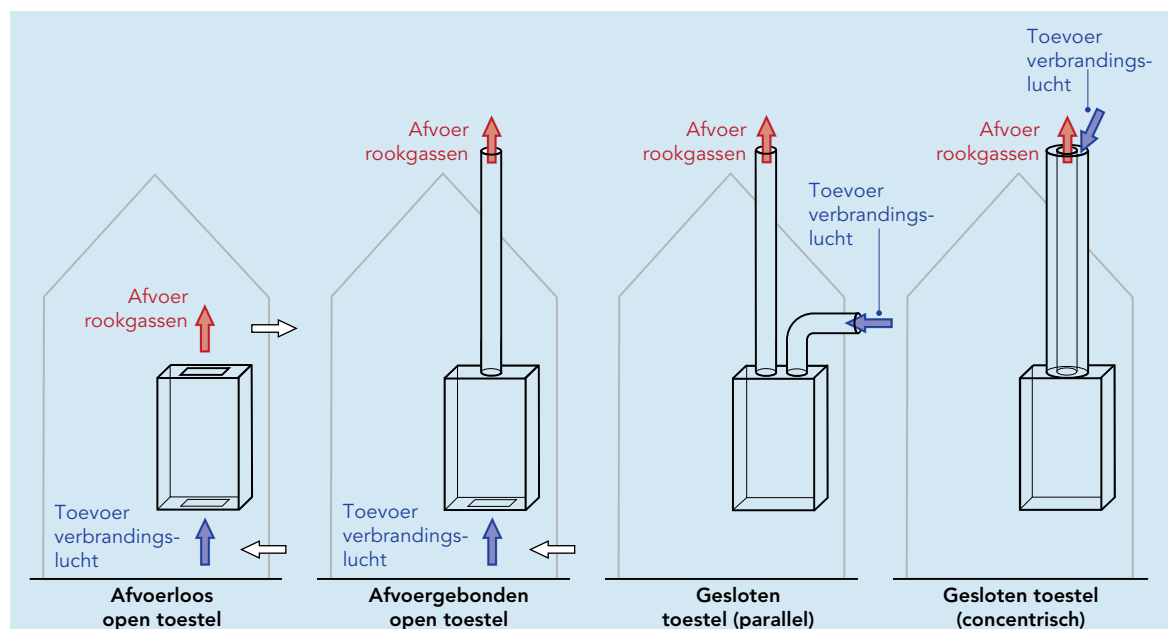
²³ De termen toestel en apparaat worden hier door elkaar gebruikt. Het woord installatie wordt gebruikt om een groter geheel aan te duiden, zoals een apparaat inclusief de hierop aangesloten toe- en afvoerleidingen.

²⁴ Elektrische apparaten, zoals een elektrische boiler, vallen hier niet onder aangezien de eventuele verbranding voor de opwekking van elektriciteit (met mogelijk bijbehorend risico op het vrijkomen van koolmonoxide) elders plaatsvindt.

Wat zijn open/gesloten en afvoerloze/afvoergebonden toestellen?

Voor het ontstaan van koolmonoxideongevallen is relevant hoe de lucht die nodig is voor de verbranding (verbrandingslucht) wordt aangevoerd en hoe de gassen die ontstaan bij de verbranding (rookgassen) worden afgevoerd. Figuur 4 geeft de verschillende principes weer:

- *Open verbrandingstoestel*: toestel dat voor de verbranding gebruikmaakt van lucht uit de ruimte waarin het toestel staat.²⁵ Hierbij kunnen rookgassen in dezelfde ruimte vrijkomen (afvoerloos open toestel), of rookgassen worden via een afvoer naar buiten geleid (afvoergebonden open toestel). Bij open toestellen is het van belang dat goed wordt geventileerd om de toevoer van verbrandingslucht en afvoer van verbrandingsgassen te bevorderen.
- *Gesloten verbrandingstoestel*: toestel dat beschikt over een eigen toe- en afvoerleiding (concentrisch of parallel), zodat de verbrandingslucht direct van buiten (de woning/ruimte) afkomstig is en de rookgassen direct naar buiten (de woning/ruimte) worden afgevoerd.



Figuur 4: Open en gesloten (concentrische of parallel), respectievelijk afvoerloos en afvoergebonden toestellen. De witte pijl is ventilatie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Welk effect heeft koolmonoxide op de gezondheid?

Koolmonoxide is een giftig gas. De hoeveelheid koolmonoxide in de lucht is uit te drukken als concentratie per volume, in procenten of in ppm's.²⁶ De aanwezigheid van een achtergrondconcentratie tot circa 5 ppm koolmonoxide in onze leefomgeving is

²⁵ Door de toevoer van verbrandingslucht worden de afgevoerde verbrandingsgassen aangevuld door lucht van buiten.
²⁶ Parts per million (ppm) is een maat voor concentratie. 1 ppm is hetzelfde als 1 miljoenste deel; 10.000 ppm komt overeen met 1 honderdste deel ofwel 1 procent. Concentratie geeft aan hoeveel stof (bijvoorbeeld koolmonoxide) er is opgelost per hoeveelheid oplossing (bijvoorbeeld lucht). Concentratie is dus een relatief begrip dat is samengesteld uit twee hoeveelheden, namelijk de opgeloste stof en het oplosmiddel. Concentraties kunnen gebaseerd zijn op diverse grootheden; het volumeaandeel van een stof kan gegeven worden maar ook bijvoorbeeld het massa-aandeel. De koolmonoxideconcentraties (in ppm's of %) in dit rapport geven het volumeaandeel van het koolmonoxide in de lucht/rookgassen aan.

normaal. Bij snelwegen en in ruimten waar gerookt wordt of verbrandingsapparatuur staat, kan deze concentratie hoger zijn, circa 15 ppm.²⁷ Een koolmonoxideconcentratie die duidelijk hoger ligt dan genoemde achtergrondconcentraties, wordt een verhoogde concentratie genoemd. In dit rapport wordt hiervan gesproken bij overschrijding van de grenswaarde van 25 ppm. De uitstoot van een niet goed functionerende verbrandingsinstallatie kan meer dan 30.000 ppm (3 procent) zijn.

Koolmonoxide kan door inademing in het lichaam terechtkomen. Koolmonoxide bindt zich naar schatting 230 maal zo sterk aan hemoglobine (Hb)²⁸ als zuurstof. Doordat koolmonoxide daarbij de bindingsplaatsen voor zuurstof bezet, kan het zuurstof zich niet meer binden aan de hemoglobine en ontvangen de weefsels te weinig zuurstof. Het percentage carboxyhemoglobine (% COHb) in het bloed geeft aan hoeveel procent van de bindingsplaatsen bezet is en geeft de mate van vergiftiging aan. De volgende tabel toont ter illustratie het gezondheidseffect van verschillende koolmonoxideconcentraties. Omdat een eenduidige dosis-effectrelatie niet te geven is,²⁹ zijn de waarden indicatief van aard.

Effect	Concentratie in lucht	Concentratie in persoon
Normale omstandigheden	5 ppm	1% COHb
Eerste effecten bij kwetsbare personen	15 ppm	2,5% COHb
Grenswaarde arbeidsomstandigheden	< 25 ppm	< 4% COHb
Neuropsychologische veranderingen ³⁰	30 - 150 ppm	5 - 20% COHb
Acute bedreiging ³¹ & behandeling nodig	> 150 ppm	> 20% COHb
Coma & zeer waarschijnlijk overlijden	> 500 ppm	> 50% COHb

Tabel 2: Relatie dosis en effect koolmonoxide, indicatief (Gebaseerd op: ATSDR)³²

Als een persoon een hoge COHb-concentratie in het bloed heeft (vanaf 50 procent, maar dit kan ook lager zijn en is afhankelijk van de persoon zelf) kan deze in coma raken en overlijden. Dit is dan het gevolg van het stoppen van de ademhaling en/of schade aan hart en/of zenuwstelsel (inclusief de hersenen). Acute effecten die hieraan voorafgaan zijn: hoofdpijn, misselijkheid, overgeven, duizeligheid, dubbelzien, vermoeidheid, geheugenverlies, concentratiestoornissen en flauwvallen. Acute effecten bij lagere blootstelling omvatten deels dezelfde symptomen maar ook: zware maag, druk op het hoofd, spier-

²⁷ Piekoncentraties aan drukke wegen in de spits kunnen nog hoger liggen, tot ongeveer 150 ppm.

²⁸ Hemoglobine is rode bloedkleurstof, een eiwit in de rode bloedcellen dat het zuurstoftransport verzorgt en samen met zuurstof het bloed zijn rode kleur geeft.

²⁹ De dosis-effectrelatie is niet eenduidig, omdat veel factoren een rol spelen. Dit zijn onder andere de duur van de blootstelling, de mate van inspanning tijdens de blootstelling, de tijd voordat een reactie optreedt en interferentie met blootstelling aan andere giftige stoffen. Ook verschillen individuen in gevoeligheid. Extra gevoelig zijn harten vaatpatiënten, astma- en longpatiënten, ouderen, zwangere vrouwen, foetussen en personen die al worden blootgesteld aan koolmonoxide of een andere giftige stof, zoals rokers (zie bijlage E).

³⁰ Zoals een verminderde fijne motoriek en sensomotoriek (bijvoorbeeld oog-handcoördinatie), verminderde cognitieve prestaties (leren, alertheid, autorijden), veranderingen van gezicht, gehoor en elektrische hersenactiviteit.

³¹ Acuut of vertraagd optreden van neurologische effecten (hoofdpijn, duizeligheid, slaperigheid, zwakte, misselijkheid, overgeven, verwardheid, desoriëntatie, geïrriteerdheid, gezichtsstoornissen, stuip trekkingen, coma).

³² Vertaald/samengevat uit ATSDR, 2012, *Toxicological profile for carbon monoxide*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, US, June 2012.

zwakte, neurologische effecten zoals het optreden van tintelingen en stemmingsveranderingen. De zelfredzaamheid van personen neemt af bij vergiftiging. Zo kan een COHb-concentratie van meer dan 20 procent al leiden tot bijvoorbeeld desoriëntatie of in slaap vallen, waardoor een persoon zichzelf niet in veiligheid kan brengen en de vergiftiging toeneemt met mogelijk overlijden tot gevolg. Chronische blootstelling aan lage gehalten kan effect hebben op onder meer het hart-vaatstelsel.

Wat is een erkende installateur?

In dit rapport wordt onderscheid gemaakt tussen installateurs die wel of niet erkend zijn. Onder installateur wordt verstaan de persoon die of het bedrijf dat installatiewerkzaamheden uitvoert (ontwerp, bouw/plaatsing, onderhoud en/of reparatie). Onder 'erkende installateurs' verstaat de Raad installateurs die een of meer van onderstaande kwaliteitslabels voeren:

- *Erkenning*: is bedoeld om te laten zien dat de installateur vakbekwaam is. In Nederland zijn twee concurrerende erkenningsregelingen: SEI en Sterkin. Specifiek voor installateurs van sfeerverwarming heeft de branchevereniging Het Sfeerverwarmingsgilde de EVIS-erkenning opgezet.
- *Certificering*: hiermee wil een bedrijf aantonen dat de werkzaamheden volgens vaste voorschriften en procedures worden uitgevoerd. Specifiek op installatiebedrijven is BRL6000 van toepassing. SCIOS is van toepassing op inspectie- en onderhoudsbedrijven voor toestellen met een vermogen hoger dan 100 kW.
- *Keurmerk*: dit betreft een logo waarmee de installateur of fabrikant een bepaalde kwaliteit van een product of dienst belooft. Voor installatiebedrijven zijn de keurmerken 'lid van UNETO-VNI'³³, OK CV en Kwaliteitsvakman relevant.

Deze kwaliteitslabels worden nader toegelicht in paragraaf 3.3.

2.2 Illustratieve ongevallen

De Onderzoeksraad is zijn onderzoek begonnen met het opbouwen van een kwalitatief beeld van koolmonoxideongevallen: hoe ontstaan ze, onder welke omstandigheden en wat zijn de gevolgen? Hiertoe heeft de Raad informatie over diverse ongevallen verzameld uit onder meer (sociale) media, literatuur en brandweergegevens. Analyse van de ongevallen helpt de vraag te beantwoorden hoe het komt dat deze ongevallen nog steeds gebeuren, ondanks veronderstelde beschikbare kennis. Ook helpt het bij het beoordelen van de waarde van verbetermogelijkheden.

Uiteindelijk heeft de Onderzoeksraad een verzameling met vijftien ongevallen opgebouwd. Hieruit zijn vijf ongevallen geselecteerd die in dit rapport worden beschreven. Deze ongevallen tonen diversiteit in de volgende groepen factoren:³⁴

³³ UNETO-VNI is de vereniging waarin in 2002 de VNI (Vereniging Nederlandse Installatiebedrijven) en Uneto (Unie van Elektrotechnische ondernemers) zijn opgegaan.

³⁴ Van de illustratieve ongevallen naast de vijf die in deze paragraaf worden beschreven, zijn elders in het rapport passages gebruikt ter illustratie of onderbouwing van bevindingen. Zie bijlage A Onderzoeksverantwoording voor een nadere toelichting op het onderzoek naar de illustratieve ongevallen.

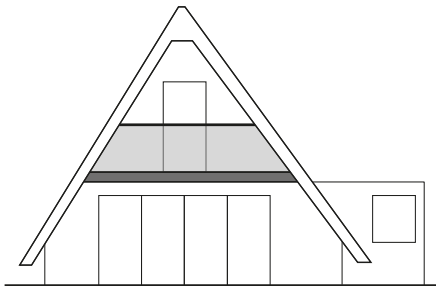
- *Oorzaken vrijkomen*: technische oorzaken van koolmonoxideproductie en het terechtkomen van koolmonoxide in de ruimte.
- *Detectie en diagnose*: de wijze en het moment van detecteren van koolmonoxide en het diagnosticeren van de koolmonoxidevergiftiging.
- *Gevolgen*: de fysieke en psychische gevolgen van koolmonoxidevergiftiging.
- *Gebouw*: kenmerken, staat en locatie van het gebouw waar het ongeval plaatsvond.
- *Installatie*: kenmerken en staat van de installatie die het koolmonoxideongeval veroorzaakte.

De Raad kon niet in alle gevallen komen tot een volledig onderbouwde reconstructie van de toedracht. De redenen hiervoor waren dat de ongevallen zich afspeelden in het privédomin van de betrokkenen, dat betrokkenen niet altijd volledig konden of wilden meewerken en dat een technische reconstructie niet altijd mogelijk was. Toch heeft de Raad ervoor gekozen ook dergelijke passages op te nemen in zijn rapport. Ook de niet-verifieerbare zaken en persoonlijke getuigenissen van de betrokkenen bieden namelijk een waardevol inzicht in de omstandigheden van de ongevallen en in wat bewoners beweegt.

2.2.1 Ongeval 1: Veronderstelde natuurlijke dood

Deze casus beschrijft een ongeval waarbij, de dag na de veronderstelde natuurlijke dood van een oudere man, diens zoon overleed door koolmonoxide afkomstig van een cv-ketel die niet op de juiste brandstof was afgesteld.

Op 21 januari 2013 trof de beheerder van een bungalowpark een bejaarde man dood aan in zijn permanent bewoonde vakantiewoning uit de jaren 80. De gealarmeerde huisarts constateerde een natuurlijke dood. Een zoon van de man kwam naar de woning vanwege het overlijden van zijn vader. Toen de zoon de dag erna niet verscheen op een afspraak, bleek ook hij te zijn overleden. De opgeroepen politie vermoedde een verhoogde concentratie koolmonoxide. De brandweer werd gealarmeerd en mat vervolgens meer dan 500 ppm koolmonoxide in de woning.



Het koolmonoxide werd geproduceerd door een gesloten propaangestookte HR cv-ketel, die drie maanden eerder was geplaatst. De ketel stond op de standaardinstelling voor aardgas en was niet afgesteld op propaan. Bij deze instelling kon de ketel meer dan 30.000 ppm koolmonoxide produceren. De kunststof rookgasafvoer was niet goed gemonteerd en deze kierde bij de aansluiting op de ketel. Via de kieren kwam koolmonoxide vrij in de woning.

Bij het ongeval kwamen twee personen om: een 88-jarige man en zijn 54-jarige zoon. Beiden hadden een COHb-percentage van meer dan 70 procent. Daarnaast ontstonden klachten bij de politiemensen die ter plaatse waren geweest. Naar aanleiding van het ongeval zijn andere locaties onderzocht waar de betrokken installateurs ketels op propaan-gas hadden aangesloten. Op diverse locaties moesten installaties worden aangepast.

2.2.2 Ongeval 2: Jonge meisjes in badkamer

Deze casus beschrijft een ongeval waarbij twee jonge meisjes overleden en een derde meisje ternauwernood koolmonoxidevergiftiging overleefde.

In de avond van 5 januari 2012 kwam bij de politie de melding binnen dat drie vriendinnetjes zich hadden opgesloten in de badkamer van de woning van de ouders van een van hen, en niet meer reageerden.



Na aankomst van de hulpdiensten bij de vooroorlogse twee-onder-een-kapwoning, is met een breekijzer de badkamerdeur geforceerd en werden twee meisjes drijvend in bad aangetroffen. Het derde meisje lag ogenschijnlijk levenloos op de grond. De meisjes in het bad, elf en twaalf jaar oud, waren door koolmonoxidevergiftiging bewusteloos geraakt en verdronken. Het derde meisje was tien jaar en woonde in het huis waar het ongeval plaatsvond. Zij had ook vergiftigingsverschijnselen en werd in kritieke toestand opgenomen in het ziekenhuis. Haar broertje dat met zijn moeder in de woonkamer zat, was eveneens bewusteloos geweest. Ook de moeder vertoonde vergiftigingsverschijnselen. De vader was in de kelder en had geen gezondheidsklachten.

In de bijkeuken van de woning hingen een gasgestookte gesloten HR cv-ketel en een open badgeiser met afvoer. De toestellen waren onderhouden aan het begin van het stookseizoen, circa drie maanden voor het ongeval. De stormachtige wind die avond verstoorde de afvoer van rookgassen uit de geiser. De lucht in de afvoer stroomde van buiten naar binnen, waardoor de rookgassen de bijkeuken in geperst werden en recirculatie³⁵ optrad met koolmonoxideproductie als gevolg. Via een, met een schuif af te sluiten koker stond de bijkeuken in verbinding met bovengelegen badkamer. De schuif stond op een kier. De mechanische afvoer in de badkamer zoog door deze kier de giftige rookgassen uit de bijkeuken aan.³⁶ In combinatie met de wind speelde de plaats van de uitmonding (dicht bij de opgaande gevel en dak) van de rookgasafvoerleiding een cruciale rol.

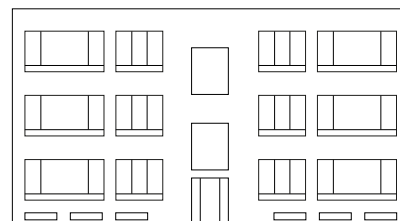
³⁵ In plaats van 'verse' zuurstofrijke lucht, zoog de geiser de zuurstofarme rookgassen als verbrandingslucht aan.

³⁶ Dit is het scenario dat door de politie als oorzaak werd vastgesteld de dag na het ongeval. Dit scenario is bevestigd door een technische reconstructie van het ongeval door Kiwa Technology in opdracht van de Onderzoeksraad. Zie bijlage F.

2.2.3 Ongeval 3: Koolmonoxide uit andere woning

Deze casus beschrijft een ongeval waarbij er slachtoffers vielen in een andere woning dan de woning waarin het verbrandingstoestel zich bevond en koolmonoxide produceerde.

Op 25 december 2010 werd 112 gebeld met de melding dat twee personen niet wakker te krijgen waren. De melding kwam uit een woning op de tweede verdieping van een onlangs gerenoveerde portiekflat van een woningcorporatie.



Bij aankomst van de politie waren de twee jonge mensen, een 23-jarige man en zijn 19-jarige vriendin, al overleden aan koolmonoxidevergiftiging. De moeder en de broer van de man raakten gewond. Ze voelden zich niet lekker, waarna in het ziekenhuis een verhoogd COHb-gehalte in hun bloed werd vastgesteld.

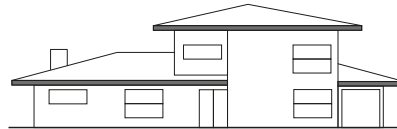
Een gasgestookte gesloten HR cv-ketel in een woning op de begane grond van hetzelfde portiek produceerde het koolmonoxide. Door een foutieve afstelling kon de ketel meer dan 30.000 ppm koolmonoxide produceren. Vanwege storingen waren er aan dit toestel op de avond vóór het ongeval werkzaamheden verricht door een monteur. Achteraf kon niet vastgesteld worden of deze de enige was die handelingen aan het toestel had verricht.

De rookgasafvoer liep via een schacht door de woningen naar het dak. Tijdens de renovatie was de afvoer met te weinig beugels gefixeerd. Delen van deze afvoer lagen hierdoor los, waardoor koolmonoxide kon vrijkomen in de schacht. De schacht stond in verbinding met de woning op de tweede verdieping, waar de slachtoffers vielen. Ook in de naastgelegen woning was een dodelijke concentratie koolmonoxide aanwezig. Het gezin dat hier woonde, was die dag niet thuis. Het gehele appartementencomplex werd ontruimd, een aantal bewoners wilde later uit angst niet meer terugkeren.

2.2.4 Ongeval 4: Keer op keer ernstig ziek bij harde wind

Deze casus beschrijft een ongeval in een nieuw gebouwde, vrijstaande woning, waar de bewoners keer op keer zeer ernstig ziek werden bij bepaalde weercondities.

Op 8 maart 1995³⁷ belde een vrouw haar huisarts, omdat zij en haar man direct een ambulance nodig hadden. Het echtpaar voelde zich voor de zoveelste keer die winter doodziek en was niet meer in staat te lopen.



Met moeite wist de vrouw op handen en voeten de trap af te dalen om de voordeur te openen voor hulp. In het ziekenhuis werd bloed geprikt. De vrouw had een COHb-percentage van 40 procent, haar man 30 procent en een gealarmeerde vriendin 15 procent. De huisarts, die hen bezocht had en later onwel werd, kwam ook in het ziekenhuis terecht met een verhoogde COHb-waarde.

Het echtpaar van middelbare leeftijd woonde in een recent gebouwde vrijstaande koopwoning. Sinds het betrekken van de woning werden ze bij harde wind keer op keer ziek. De klachten varieerden van vermoeidheid, kou, maagklachten, hoofdpijn en duizeligheid tot flauwvallen, verstikkingsverschijnselen en bijna-doodervaringen. Eerder die winter was de vrouw al eens opgenomen op de intensive care van een ziekenhuis. De artsen veronderstelden bloedvatvernauwing en stelden medicatie en een hartkatheterisatie voor. Hier zag ze vanaf, omdat ze de diagnose niet vertrouwde. In een poging de klachten van haar en haar man te verklaren hield ze onder andere een dagboek bij, nam ze hun voedingspatroon onder de loep en schakelde ze het alternatieve circuit in om het huis op aardstralen te laten controleren. Niets hielp; keer op keer werden ze ziek, evenals hun vrienden die op bezoek kwamen. Naast het echtpaar zijn die winter minimaal zes personen in het huis ziek geworden.

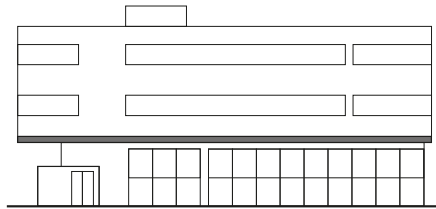
Het koolmonoxide werd geproduceerd door de anderhalf jaar oude, gasgestookte, gesloten HR cv-ketel. Hiervan zat de gecombineerde (concentrische) toe- en afvoerleiding buiten de ketel los. Ook lag in de ketel de luchttoevoerleiding los. Daarnaast zat het ontwerp van de afvoer inclusief uitmonding een goede werking in de weg. Met name bij harde wind werd de afvoer van rookgassen verstoord en trad recirculatie op, met onvolledige verbranding als gevolg.

³⁷ Dit ongeval vond circa. twintig jaar geleden plaats. Het is hier opgenomen, omdat het veel inzicht geeft in het gevaar, de symptomen en lastige diagnose van koolmonoxidevergiftiging.

2.2.5 Ongeval 5: Ventilatiesysteem en recent onderhouden stookinstallatie

Deze casus beschrijft een ongeval waarbij een school ontruimd werd, omdat de rookgassen van de recent onderhouden stookinstallatie via het ventilatiesysteem de school in kwamen.

Op 8 juli 2014 alarmeerde een medewerker van een school de brandweer, omdat er een vreemde (gas) lucht was geroken in het gebouw uit 2004. Door de gealarmeerde brandweer werd op de bovenste verdieping 115 ppm koolmonoxide gemeten. Deze derde verdieping herbergde diverse lesruimten, waaronder een lokaal voor praktijklessen koken. Dit lokaal had een eigen ventilatiesysteem. Op het moment van de melding waren er geen leerlingen aanwezig op deze verdieping.



Het koolmonoxide werd veroorzaakt door een grote, gasgestookte verwarmingsinstallatie (> 100 kW) in de technische ruimte van de school. De ketel was een maand ervoor onderhouden. Enkele dagen voor het ongeval constateerde de onderhoudsmonteur dat de ketel in storing stond. Hij loste dit op door de beveiliging op de luchttoevoer 'ruimer' af te stellen. De nieuwe afstelling viel buiten de specificaties van de installatie. De eigenaar/gebruiker had deze niet beschikbaar gesteld aan de installateur, omdat een inbedrijfstellingsrapport ontbrak. Waarschijnlijk werden zowel de storing als de koolmonoxideproductie veroorzaakt doordat de luchttoevoerventilator niet goed werkte. Door de gewijzigde afstelling van de beveiliging ging de installatie niet meer in storing, ondanks de verminderde luchttoevoer. Het koolmonoxide kwam in de school terecht, doordat de rookgassen (met 4.000 ppm koolmonoxide) door het dak naar buiten werden afgevoerd. Vanaf daar stroomden ze naar de circa zeven meter verderop gelegen inlaat van het later in de tijd geplaatste ventilatiesysteem van de kooklokalen. De heersende windrichting en -sterkte speelden een belangrijke rol. Buiten op het dak werd nabij de uitmonding van de rookgasafvoerleiding 1.200 ppm gemeten.

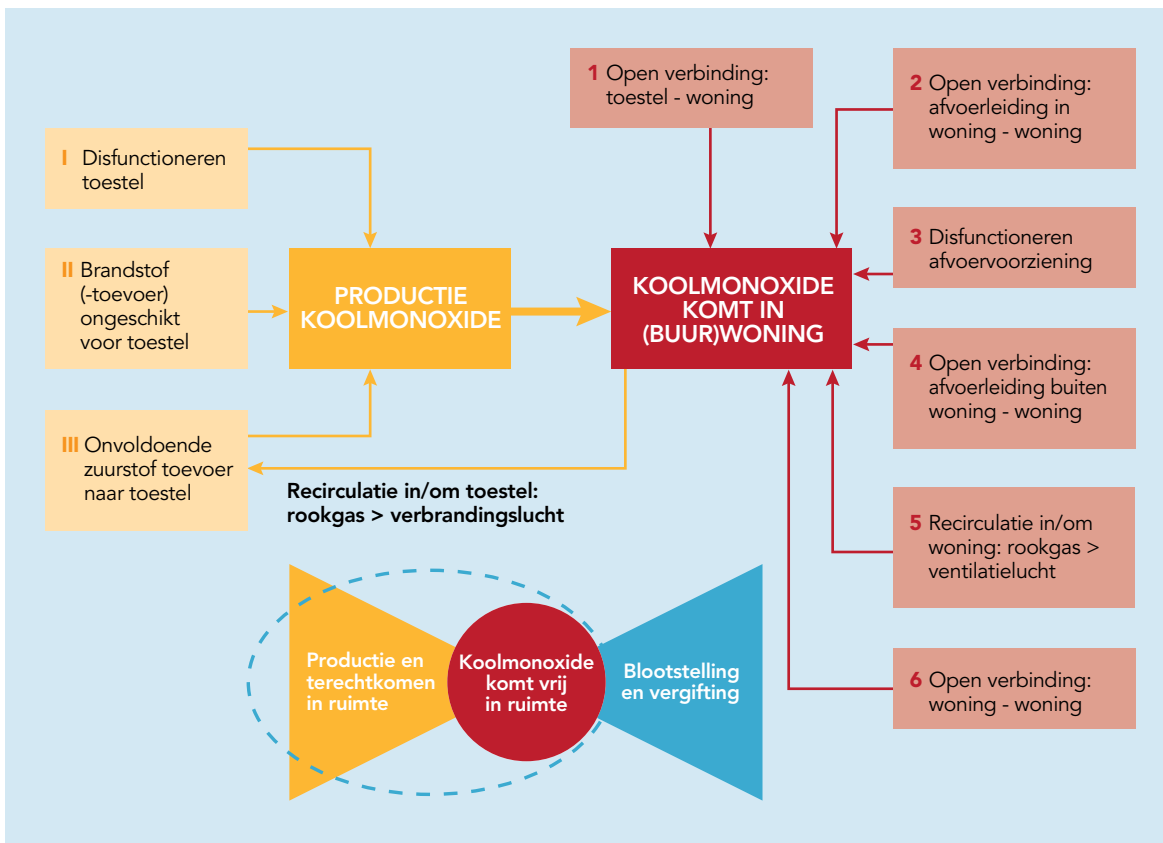
Bij het ongeval zijn geen slachtoffers gevallen. Nadat er koolmonoxide gemeten was, is het schoolgebouw ontruimd. Op dat moment waren er circa 200 personen aanwezig.

2.3 Ongevulsfactoren illustratieve ongevallen

Uit de beschrijvingen van de illustratieve voorvallen blijkt dat ongevallen met koolmonoxide een grote verscheidenheid aan oorzaken en omstandigheden kennen. Het is mogelijk om gemene delers te ontdekken. Bij het vrijkomen van koolmonoxide in een woning zijn altijd twee gebeurtenissen noodzakelijk:

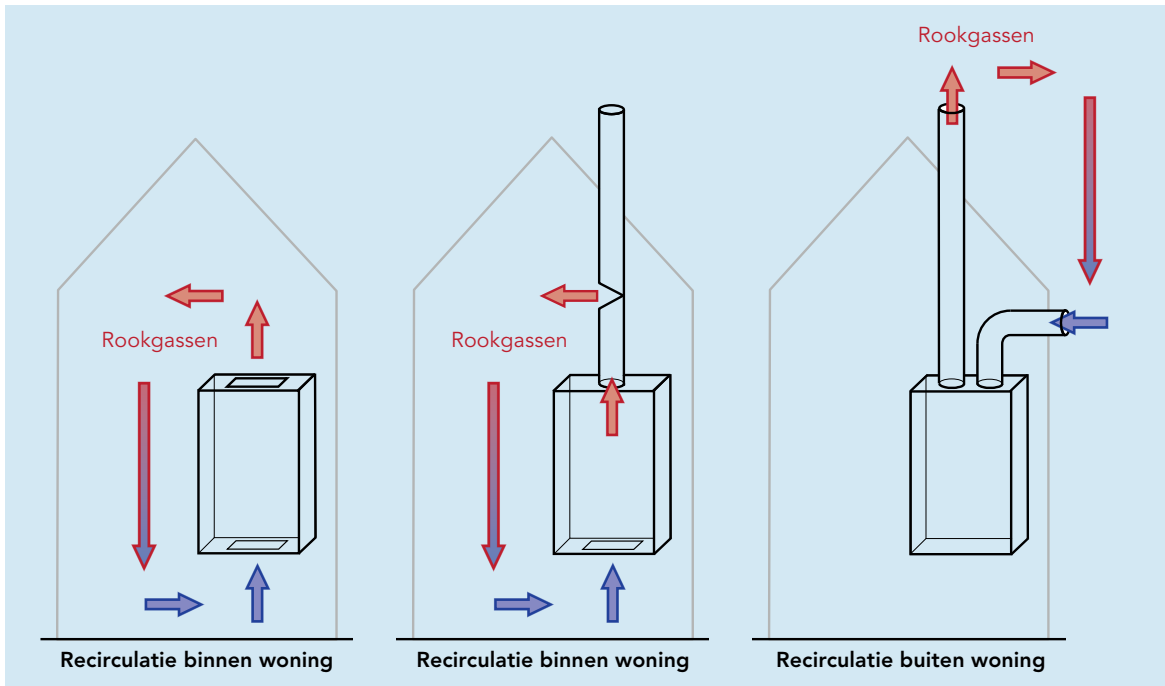
1. productie van een verhoogde concentratie koolmonoxide (mechanismen I-III in figuur 5);
2. terechtkomen van koolmonoxide in een (buur)woning (mechanismen 1-6 in figuur 5).

Deze gebeurtenissen kunnen door verschillende mechanismen worden veroorzaakt en beïnvloed. In de volgende figuur zijn deze mechanismen weergegeven. Productie van koolmonoxide kan bijvoorbeeld optreden door onvoldoende zuurstoftoevoer naar het toestel (mechanisme III). Het koolmonoxide kan vervolgens in de woning komen door bijvoorbeeld een opening in de rookgasafvoerleiding (mechanisme 2). Het optreden van de mechanismen wordt weer veroorzaakt en beïnvloed door een groot aantal factoren, zoals een geblokkeerde luchttoevoerleiding of een doorgeroeste afvoerleiding. Daarnaast spelen natuurlijke en geforceerde luchtstromingen, zoals wind en mechanische ventilatie, een rol bij meerdere mechanismen. Voor een uitgebreidere toelichting en meer voorbeelden van factoren wordt verwezen naar bijlage D.



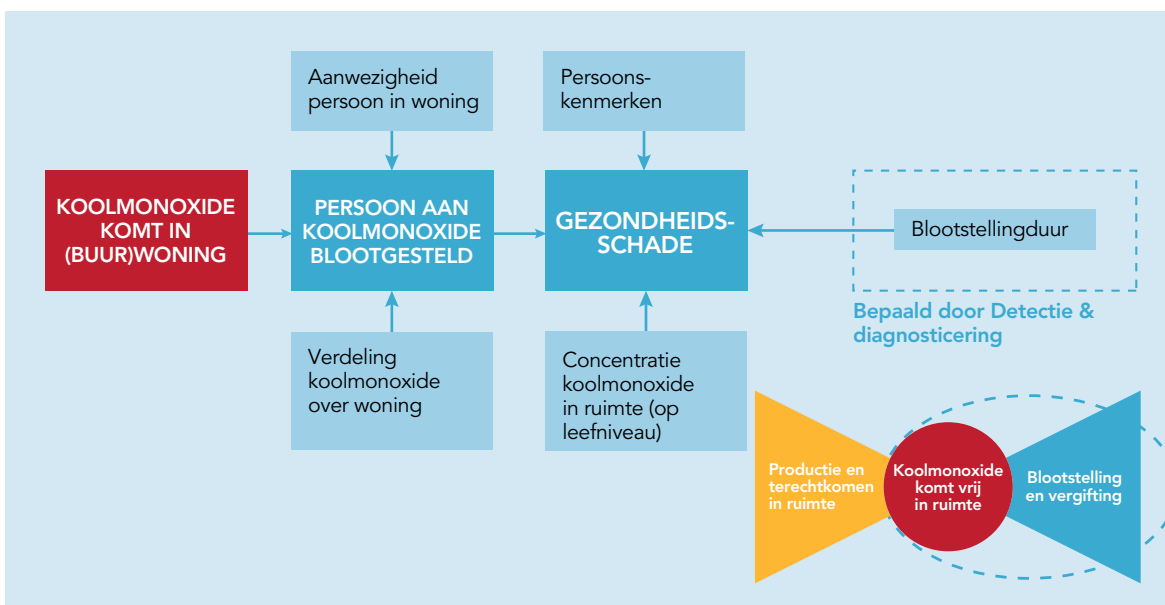
Figuur 5: Mechanismen die een ongeval met koolmonoxide kunnen veroorzaken. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Uit de voorgaande figuur blijkt dat recirculatie een mechanisme is dat op verschillende manieren kan optreden. Bij dit mechanisme kunnen de zuurstofarme rookgassen weer aangetrokken worden door het toestel of de ventilatie. Dit leidt tot productie van een verhoogde concentratie koolmonoxide. In de volgende figuur is een aantal voorbeelden van recirculatie weergegeven.



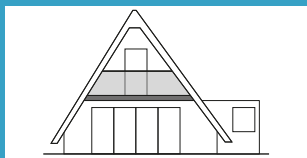



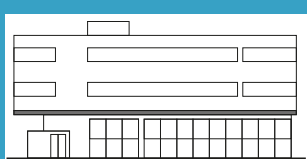
Figuur 6: Voorbeelden van recirculatie van rookgassen van en naar het toestel. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De gevolgen van het vrijkomen van koolmonoxide in een ruimte hangen onder andere af van de concentratie koolmonoxide en de (duur) van blootstelling van personen hieraan. Dit is terug te zien in figuur 7. De blootstellingduur wordt sterk bepaald door het moment van detectie van de verhoogde concentratie koolmonoxide of diagnosticering van de koolmonoxidevergiftiging. Detectie en diagnosticering kunnen op diverse manieren plaatsvinden: via een koolmonoxidemelder in de woning, door een storing van het toestel, via een rookgasmeting door een installateur, door een draagbare koolmonoxide-meter van een hulpverlener of via waarneming van rookgassen door aanwezigen. Maar ook na gezondheidsklachten of overlijden van personen.



Figuur 7: Gezondheidsschade als gevolg van vrijgekomen koolmonoxide en de rol van detectie en diagnosticering. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De volgende tabel bevat een overzicht van de illustratieve ongevallen uit hoofdstuk 2.2. Hierbij is per ongeval aangegeven welke mechanismen een rol hebben gespeeld. Ook weergegeven zijn de plaats van het ongeval, de verbrandingsinstallatie die het koolmonoxide veroorzaakte, hoe de verhoogde concentratie en/of vergiftiging werd herkend en het kwaliteitslabel van de betrokken installateur(s).

Nr.		Installatie	oorzaak productie verhoogde concentratie koolmonoxide	koolmonoxide in ruimte	Detectie en diagnose	Kwaliteitslabel installateur
1 vakantiewoning		HR cv-ketel gesloten	Brandstof ongeschikt voor instelling toestel	Opening in afvoerleiding in woning	Overlijden bezoeker na overlijden bewoner Gezondheidsklachten bezoekers	Plaatsing: geen label Onderhoud: n.v.t. (recent geplaatst)
2 twee-onder-een-kapwoning		Geiser open afvoergebonden	Onvoldoende zuurstof naar toestel door recirculatie in en om toestel	(Bedoelde) opening in toestel Disfunctioneren van de afvoervoorziening	Overlijden bezoekers Gezondheidsklachten bewoners Alarm draagbare koolmonoxidemeter hulpverlener	Plaatsing: onbekend ³⁹ Onderhoud: geen label ⁴⁰
3 portiekflat		HR cv-ketel gesloten	Disfunctioneren toestel buurwoning door verkeerde afstelling	Opening in afvoerleiding buiten woning Opening tussen woningen	Overlijden bezoekers Gezondheidsklachten bewoners	Plaatsing: lid van UNETO-VNI, gecertificeerd volgens BRL-6000 Onderhoud: n.v.t. (recent geplaatst)
4 vrijstaande woning		HR cv-ketel gesloten	Onvoldoende zuurstof naar toestel door recirculatie in en om toestel	Opening in afvoerleiding in woning Disfunctioneren van de afvoervoorziening	Gezondheidsklachten bewoners en bezoekers	Plaatsing: destijds lid van VNI ⁴¹ en erkend door MEGA Onderhoud: n.v.t. (recent geplaatst)
5 school		Middelgrote stookinstallatie open afvoergebonden	Disfunctioneren toestel door verkeerde afstelling in combinatie met disfunctionerend onderdeel	Recirculatie buiten gebouw om	Waarneming (door reuk) van onverbrande rookgassen	Plaatsing: lid van UNETO-VNI, BRL-6000 en SCIOS gecertificeerd Onderhoud: idem

38 Op de volgende kwaliteitslabels is gecontroleerd: op lidmaatschap UNETO-VNI, op BRL-certificering en op de erkenningen van SEI en Sterkin. Afhankelijk van het ongeval is gekeken naar de installateur die de installatie plaatste, onderhoud pleegde en/of recent werkzaamheden verrichtte aan de installatie.

39 Het is niet bekend wie de geiser en rookgasafvoer heeft aangebracht, aangezien dit onder de eerdere bewoners is gebeurd.

40 De ketel en de geiser waren in onderhoud bij een installatiebedrijf dat op zijn website aangeeft gecertificeerd te zijn. De installateur noemt zichzelf gecertificeerd, omdat hij diverse gastechnische opleidingen heeft gevolgd en diploma's heeft behaald. Hij is echter niet in het bezit van een hier bedoeld kwaliteitslabel.

41 In 2002 is VNI (Vereniging Nederlandse Installatiebedrijven) met Uneto (Unie van Elektrotechnische ondernemers) opgegaan in UNETO-VNI.

2.4 Kenmerken problematiek

De eerste indruk die de illustratieve voorvallen gaven, kwamen niet overeen met de veronderstellingen die betrokken partijen uitten tijdens interviews met de Onderzoeksraad. Tijdens de interviews werd het beeld geschetst dat koolmonoxideongevallen voornamelijk werden veroorzaakt, doordat bewoners van met name oudere woningen hun verbrandingstoestellen niet goed lieten onderhouden en onvoldoende ventileerden. Het zou dan met name gaan om sociale woningbouw of bewoners uit lagere sociale klassen. Bron van de ongevallen zouden vooral oude geisers en andere open toestellen zijn. Verder zouden ongevallen zich met name voordoen in gestapelde bouw. De Onderzoeksraad heeft onderzocht of deze veronderstellingen juist zijn.

Voor een beeld van de problematiek wilde de Onderzoeksraad komen tot een kwantitatieve beschrijving van de kenmerken van ongevallen met koolmonoxide. Welke verbrandingstoestellen produceerden het koolmonoxide? In wat voor woningen vonden de ongevallen plaats? Welke factoren droegen mogelijk bij aan het ontstaan van het ongeval met koolmonoxide?

Voor een antwoord op deze vragen heeft de Onderzoeksraad een enquête opgezet. Uit verschillende bronnen heeft de Raad zo veel mogelijk koolmonoxideongevallen verzameld en daarvan de adresgegevens achterhaald. Naar deze adressen is een vragenlijst gestuurd.⁴² Ook is informatie verzameld uit diverse bronnen, zoals mediaberichten en rapportages van de brandweer en de politie.⁴³ Dit heeft geresulteerd in een database met bruikbare gegevens van ongeveer 115 ongevallen met koolmonoxide in de periode 2012-2014.

Hierbij moeten de volgende kanttekeningen worden geplaatst. De Onderzoeksraad heeft alleen gegevens over woningen waar ongevallen zijn opgemerkt. Over woningen waar mogelijk wel koolmonoxide vrijkomt, maar het koolmonoxide niet wordt onderkend, heeft de Onderzoeksraad geen informatie. Het is dus ook niet bekend in hoeverre deze groep woningen afwijkt van de woningen waarvan wel gegevens zijn ontvangen. Een andere kanttekening is dat de kwaliteit van de antwoorden die de bewoners hebben gegeven in de enquête, afhankelijk is van hun technisch inzicht. Ook is die afhankelijk van hun geheugen, voor zover zij bepaalde zaken niet op schrift hebben vastgelegd. Er werd alleen naar feitelijke informatie gevraagd.⁴⁴

Er is ook gekeken of er grote verschillen zijn tussen bewoners die hebben gereageerd (respons) en bewoners die niet hebben gereageerd (non-respons op de enquête). Er is onder meer gekeken naar de woning (type, eigendom, bouwstijl, leeftijd en waarde) en woonplaats. Uit deze vergelijking blijkt dat de kenmerken van de respondenten grotendeels overeenkomen met de kenmerken van de non-respondenten. Gezien de beperkte

⁴² Vanwege het ontbreken van adresgegevens heeft de Onderzoeksraad geen vragenlijst kunnen sturen naar nabestaanden van dodelijke ongevallen. Deze zijn dus uitgesloten van de enquête. Wel is van deze ongevallen informatie opgenomen uit andere bronnen zoals mediaberichten en rapportages van brandweer en politie.

⁴³ Betrouwbaar geachte informatie is gebruikt om de hiaten in te vullen in de informatie die de bewoners bij de enquête aanleverden. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om de door de brandweer gemeten concentratie koolmonoxide.

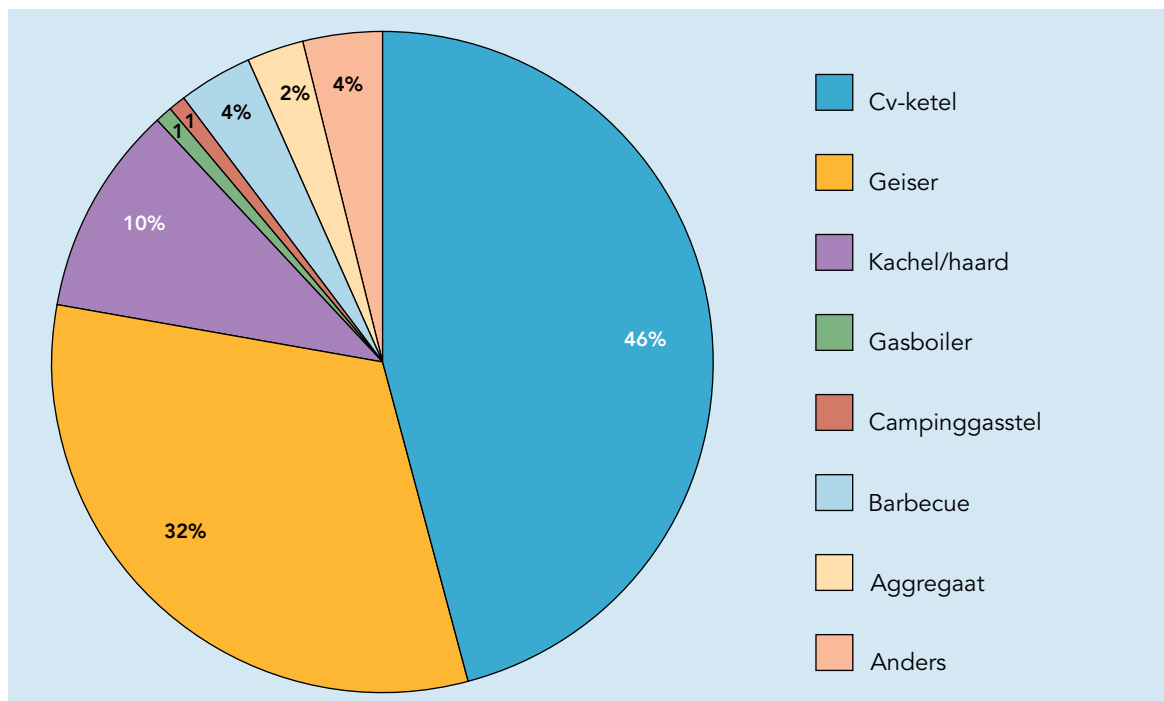
⁴⁴ Zo is gevraagd 'Hoe heette uw installateur?' in plaats van 'Had u een erkende installateur ingehuurd?' Deze insteek verkleint de kans dat respondenten sociaal wenselijke antwoorden geven. Toch kan dit niet worden uitgesloten, net zoals niet kan worden uitgesloten dat bijvoorbeeld huurders uit verontwaardiging over de verhuurder het omgekeerde hebben geantwoord.

omvang van de verschillen wordt de informatie uit de respons representatief geacht voor de in dit rapport gepresenteerde bevindingen over de koolmonoxideproblematiek in Nederland. Een uitgebreide weergave van de resultaten van de vergelijking tussen de respons en de non-respons staat in bijlage H.1. Bijlage H.2 tot en met H.6 presenteren de resultaten van de analyse van de ongevallen uit de database.

Deze paragraaf beschrijft de inzichten die analyse van de database biedt in de kenmerken rondom ongevallen met koolmonoxide.⁴⁵ Daar waar mogelijk en zinvol is dit aangevuld met gegevens uit andere bronnen.

2.4.1 De bron en oorzaken van ongevallen met koolmonoxide

Veel betrokken partijen associëren koolmonoxideongevallen van oudsher vooral met geisers. Het aantal geisers is sinds 2001 met gemiddeld zo'n 100.000 toestellen per jaar afgenomen. In het verleden lag het aandeel ongevallen met geisers dan ook hoger dan het aandeel ongevallen met andere toestellen. Inmiddels vinden er echter meer koolmonoxideongevallen plaats met cv-ketels (46 procent in de periode 2012-2014). Ongevallen met geisers maken 32 procent uit van de database. In absolute zin kwamen koolmonoxideongevallen dus het meest voor bij cv-ketels. Ongevallen met geisers komen minder vaak voor, maar omdat er ook veel minder geisers aanwezig zijn in woningen, is de geiser relatief gezien een risicovoller verbrandingstoestel dan een cv-ketel. Ten slotte is bij 10 procent van de ongevallen een kachel of haard betrokken. Bij de overige ongevallen wordt het koolmonoxide geproduceerd door een andere bron, zoals een barbecue of een aggregaat.

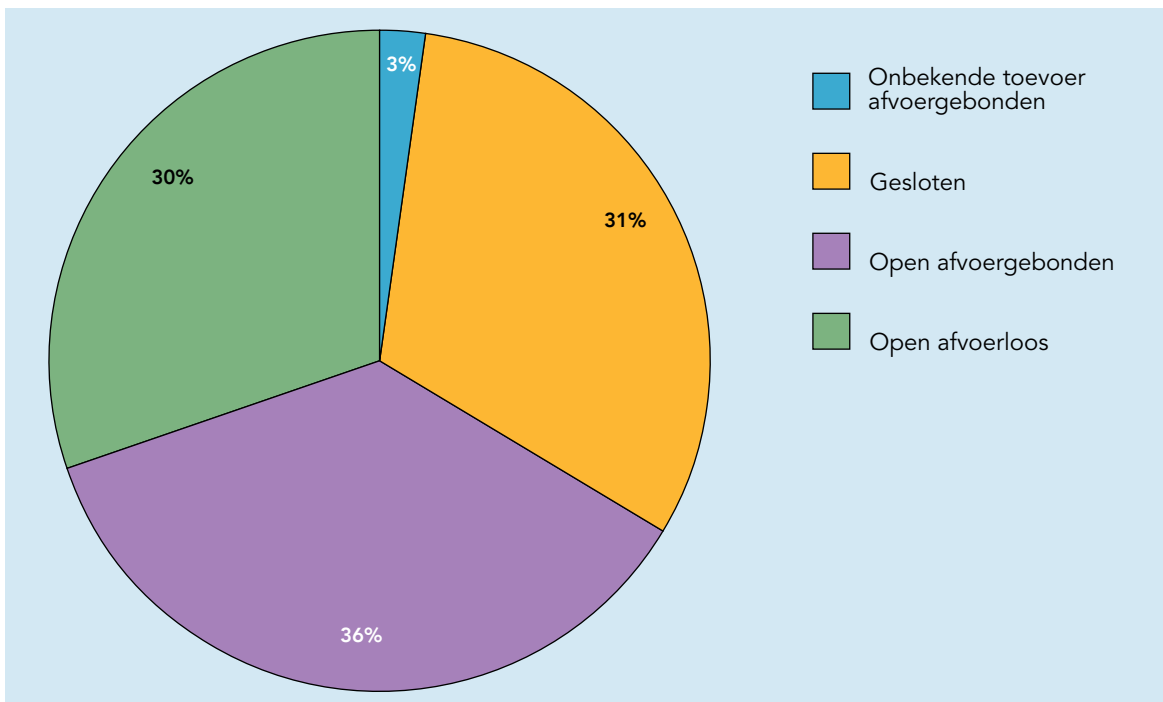


Figuur 8: Type verbrandingstoestel betrokken bij het koolmonoxideongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

⁴⁵ Zie bijlage H voor een uitgebreidere weergave van de resultaten van de analyse van de database. De in dit rapport aangehaalde percentages zijn gebaseerd op de vragen waarover ofwel vanuit de enquête ofwel vanuit andere bronnen informatie beschikbaar was. Het aandeel 'onbekend' is bij de analyse van de antwoorden buiten beschouwing gelaten. Als het aandeel groter was dan 33 procent, is beschreven welke invloed dit kan hebben op de uitkomsten.

In het vervolg van de analyse naar het ontstaan van koolmonoxideongevallen wordt, tenzij anders vermeld, alleen nog ingegaan op ongevallen die werden veroorzaakt door cv-ketels, geisers en kachels/haarden. Samen beslaan die 88 procent van alle ongevallen. Bij de analyse van detectie en diagnosticering wordt wel gekeken naar alle mogelijke bronnen (dus inclusief barbecues, aggregaten et cetera).

Bij ongeveer een derde van de ongevallen met cv-ketels, geisers, kachels en haarden blijkt sprake te zijn van een open installatie zonder afvoer. Bij nog een derde van de ongevallen is sprake van een open installatie met afvoer. Bij de resterende een derde van de ongevallen was sprake van een gesloten systeem.⁴⁶ Het gaat dus bij ongeveer twee derde van de ongevallen om een systeem met een rookgasafvoer.

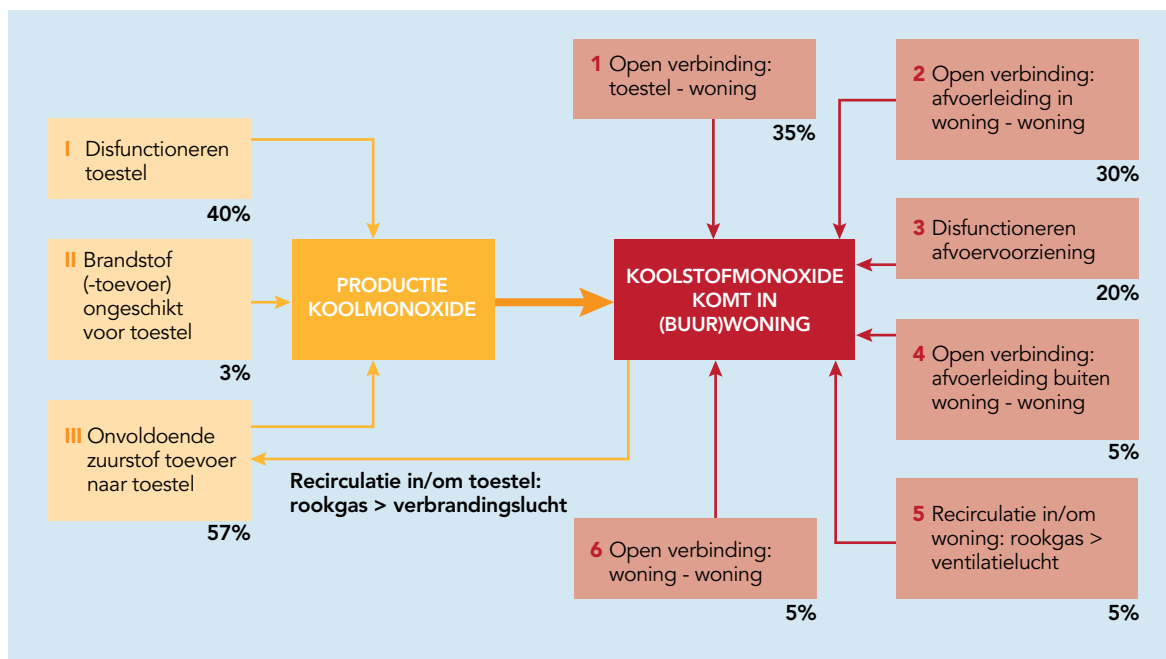


Figuur 9: Type aan- en afvoer van de cv's, geisers, kachels en haarden waarbij een koolmonoxideongeval plaatsvond. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Het type luchttoevoer en rookgasafvoer verschilt wel erg tussen cv-ketels en geisers. Bij 58 procent van de ongevallen met een cv-ketel was sprake van een gesloten systeem (dus met zowel een luchttoevoer als een rookgasafvoer). Bij 35 procent had de cv-ketel geen luchttoevoer (open) maar wel een rookgasafvoer. Bij de ongevallen met geisers was 70 procent open (geen luchttoevoer) en afvoerloos en 27 procent was open met een rookgasafvoer. De meeste bij de onderzochte ongevallen betrokken cv-ketels waren dus gesloten toestellen en de meeste betrokken geisers waren open, afvoerloze toestellen.

⁴⁶ In figuur 4 in paragraaf 2.1 wordt uitgelegd wat het verschil is tussen open en gesloten toestellen en afvoerloze en afvoergebonden toestellen.

De Raad heeft de respondenten ook gevraagd om aan te geven hoe het koolmonoxide werd geproduceerd of vrijkwam.⁴⁷ Het is voor de betrokkenen niet altijd mogelijk om dit aan te geven, daar het niet altijd bekend is. Bij de ongevallen waar de bewoner dit wel kon aangeven (40-70 procent van de ongevallen), blijkt de productie van de verhoogde concentratie koolmonoxide in 57 procent van de gevallen te zijn veroorzaakt door een probleem met de zuurstoftoevoer van buiten het toestel.⁴⁸ In de overige gevallen was sprake van een slecht functionerend of verkeerd afgesteld verbrandingstoestel. Als reden dat het koolmonoxide in de woning kon vrijkomen, werd in 35 procent van de gevallen een opening bij het toestel genoemd (dit is inclusief de open toestellen), in 30 procent een opening in de afvoer in de woning en in 20 procent een disfunctie van de afvoervoorziening. In 5 procent van de gevallen was sprake van een open verbinding tussen de woning en een naburige woning of gebouw, en in 5 procent van de gevallen was sprake van recirculatie van rookgas in of om de woning.



Figuur 10: Schematische weergave mechanismen productie en vrijkomen koolmonoxide. Weergegeven percentages gaan over het aandeel ongevallen in de enquête waarbij de bewoner kon aangeven dat sprake was van dit mechanisme. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Bij ongeveer 87 procent van de ongevallen bevond de bron van het koolmonoxide zich in de eigen woning. Bij de overige 13 procent van de ongevallen kwam het koolmonoxide van buiten de woning, namelijk vanuit een naburige woning of gebouw (bijvoorbeeld een bedrijf) of een tuin.

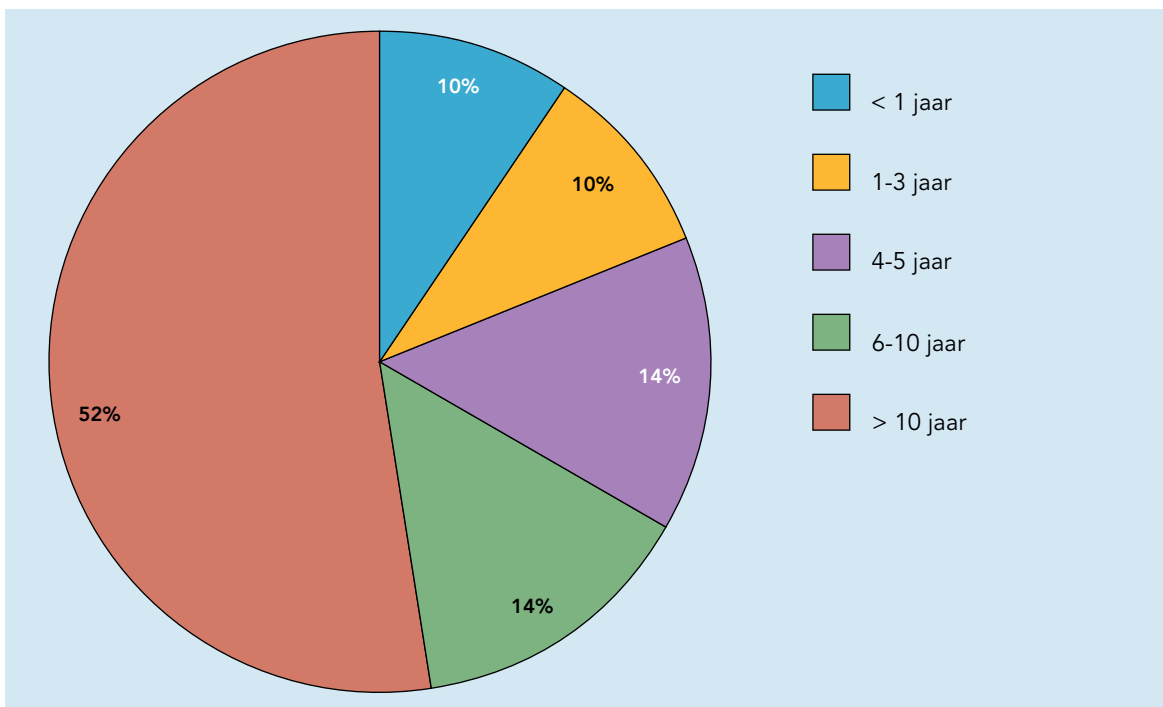
⁴⁷ Bij deze aanpak past een toelichting. De vragenlijst is ingevuld door de betreffende bewoner. Het is niet bekend in hoeverre de respondent technisch-inhoudelijke kennis heeft van verbrandingsinstallaties en in hoeverre de respondent onderkend heeft dat meerdere oorzaken die tegelijk optreden, hebben geleid tot de productie van koolmonoxide. De verwerking van de antwoorden in de database van de Onderzoeksraad is deels gebaseerd op de interpretatie van het verhaal van de bewoner in samenhang met de andere antwoorden in de enquête.

⁴⁸ Dit kan gaan om een gebrek aan ventilatie, maar ook om andere problemen met de luchttoevoer.

2.4.2 Eigendom, plaatsing en onderhoud verbrandingsinstallatie

Bij 58 procent van de ongevallen was de bewoner zelf eigenaar van het verbrandingsstoestel. Bij 21 procent van de ongevallen was het verbrandingstoestel eigendom van de woningcorporatie, bij 13 procent van een particuliere verhuurder en in 9 procent van de gevallen van een toestelverhuurbedrijf.

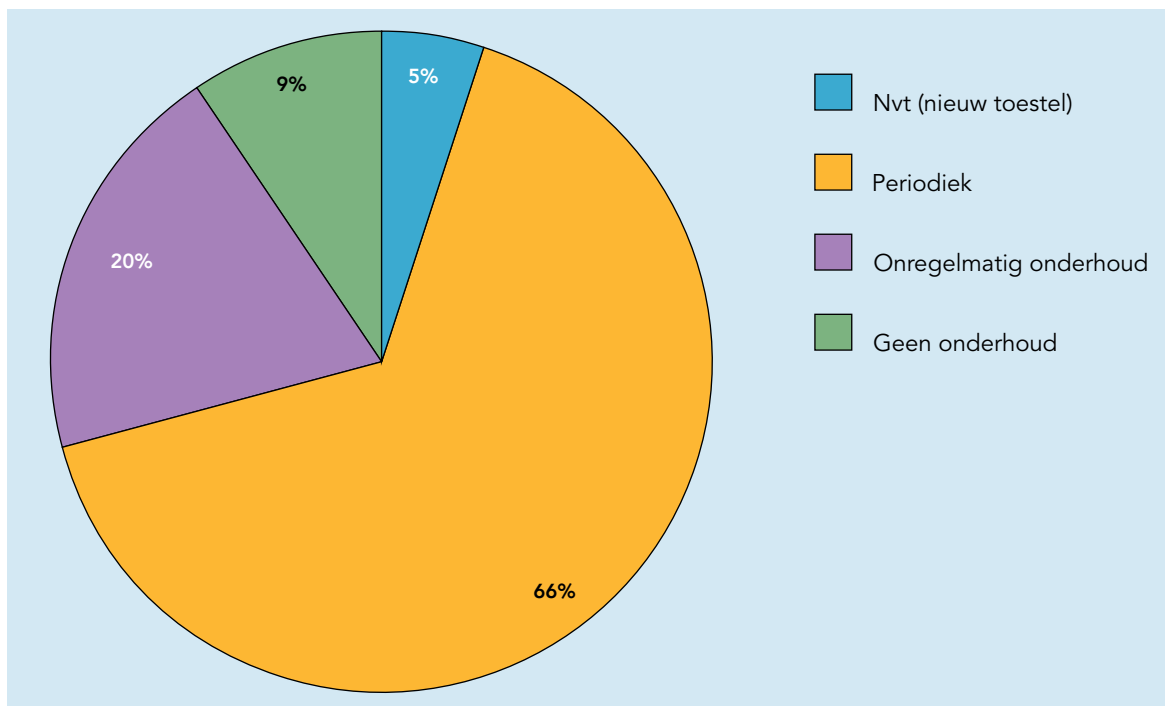
Een veronderstelling van betrokken partijen is dat koolmonoxideongevallen zich voornamelijk voordoen bij oudere toestellen.⁴⁹ Bij een aanzienlijk deel van de ongevallen waren jongere toestellen betrokken: 34 procent van de toestellen was jonger dan vijf jaar en 48 procent van de toestellen jonger dan tien jaar.



Figuur 11: Leeftijd van de cv's, geisers, kachels en haarden waarbij een koolmonoxideongeval plaatsvond. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

⁴⁹ Er is ook gevraagd wat de leeftijd van de rookgasafvoer was. Deze bleek in 77 procent van de (beantwoorde) gevallen jonger te zijn dan tien jaar. 78 procent van de respondenten met een afvoergebonden toestel heeft deze vraag echter niet beantwoord. Daardoor is het de vraag of deze uitkomst betrouwbaar is.

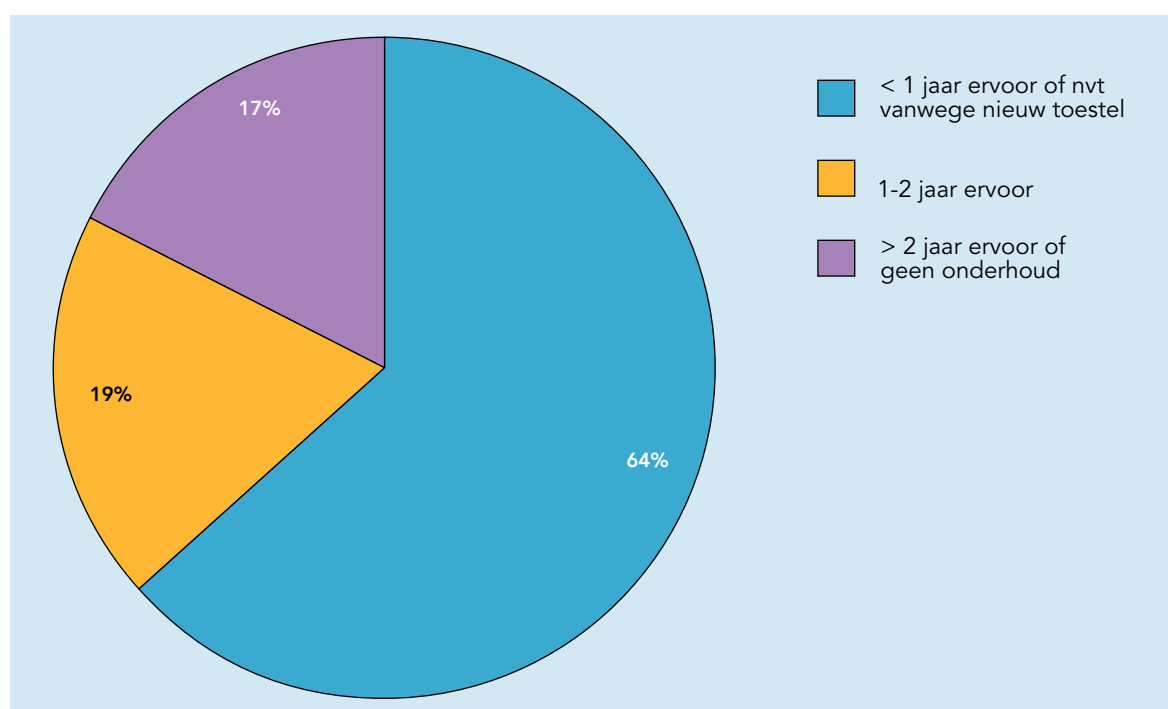
Een andere veronderstelling is dat ongevallen gebeuren, doordat bewoners en woning-eigenaren niet (op tijd) een erkende installateur onderhoud laten plegen aan hun verbrandingsinstallatie. Ook deze veronderstelling komt niet overeen met de resultaten van het onderzoek van de Raad. Bij 5 procent van de ongevallen was het toestel nieuw en had het om die reden nog geen onderhoudsbeurt gehad. Bij 66 procent van de ongevallen werd het toestel periodiek onderhouden en bij 20 procent van de ongevallen werd het toestel onregelmatig onderhouden. Bij 9 procent van de ongevallen (dus slechts bij 1 op de 10 ongevallen) werd het toestel niet onderhouden.



Figuur 12: Periodieke onderhoud van de cv's geisers, kachels en haarden waarbij een koolmonoxideongeval plaatsvond. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Bij 64 procent van de ongevallen met een toestel dat werd onderhouden, was het toestel minder dan één jaar geleden onderhouden. Bij 83 procent van de ongevallen vond het onderhoud minder dan twee jaar geleden plaats. Ongeveer 17 procent van de toestellen waarmee een ongeval plaatsvond, was minder dan een maand voor het ongeval onderhouden (dit is inclusief nieuw geïnstalleerde en om die reden nog niet onderhouden toestellen). Bij 17 procent van de ongevallen had het onderhoud meer dan twee jaar geleden of helemaal niet plaatsgevonden.

Uit deze analyse mag niet de conclusie worden getrokken dat onderhoud leidt tot meer ongevallen. Het is immers niet bekend in hoeverre onderhoud wordt gepleegd aan installaties die niet bij ongevallen betrokken waren. Wel roept het de vraag op hoe het komt dat het onderhoud het ongeval niet heeft voorkomen.



Figuur 13: Moment waarop de cv's, geisers, kachels en haarden voor het laatst waren onderhouden voordat het koolmonoxideongeval plaatsvond. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

In 88 procent van de ongevallen werd de aanleg en/of het onderhoud van de installatie verzorgd door een erkende installateur, oftewel een installateur met een kwaliteitslabel (zie ook paragraaf 3.3 voor een nadere toelichting op de verschillende kwaliteitslabels van de installatiebranche).⁵⁰

⁵⁰ Het gaat hier om de ongevallen waarbij de bewoner zich nog de naam van de installateur kan herinneren. De respondenten vermeldden in de enquête de naam van de installateur, niet of deze wel of niet erkend was. De Onderzoeksraad heeft vervolgens zelf in de openbare registers van de kwaliteitslabels gezocht in hoeverre deze installateurs een kwaliteitslabel hebben (voor zover mogelijk is dit toegespitst op gasinstallatietechniek).

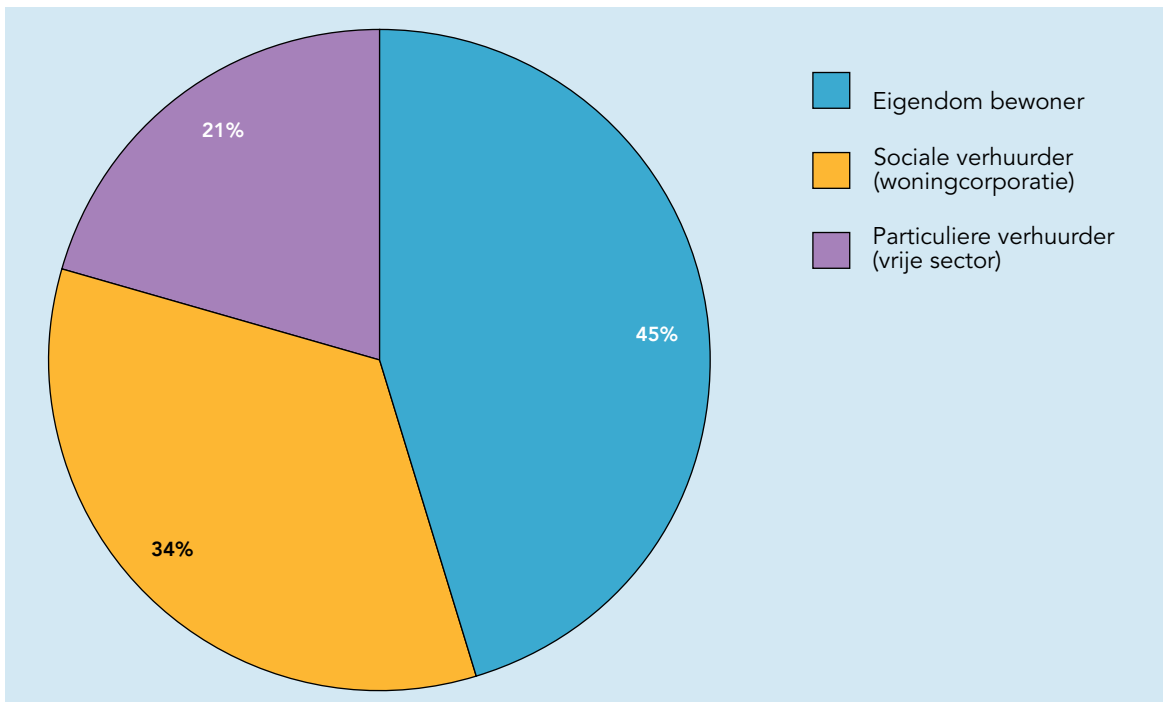
2.4.3 Type en eigendom woning

Het beeld dat betrokken partijen blijken te hebben van koolmonoxideongevallen, is dat deze vooral plaatsvinden in oude (sociale) huurwoningen in gestapelde bouw. Onderzocht is in hoeverre dit overeenkomt met de analyse van de ongevallen uit de database van de Onderzoeksraad.

Van de ongevallen vond 45 procent plaats in grondgebonden woningen (toegankelijk vanaf de straat) en 55 procent in gestapelde woningen (zoals flatgebouwen). De verdeling van de woningen over Nederland is dat 65 procent grondgebonden is en 35 procent gestapelde bouw. Koolmonoxideongevallen in gestapelde bouw zijn dus oververtegenwoordigd.

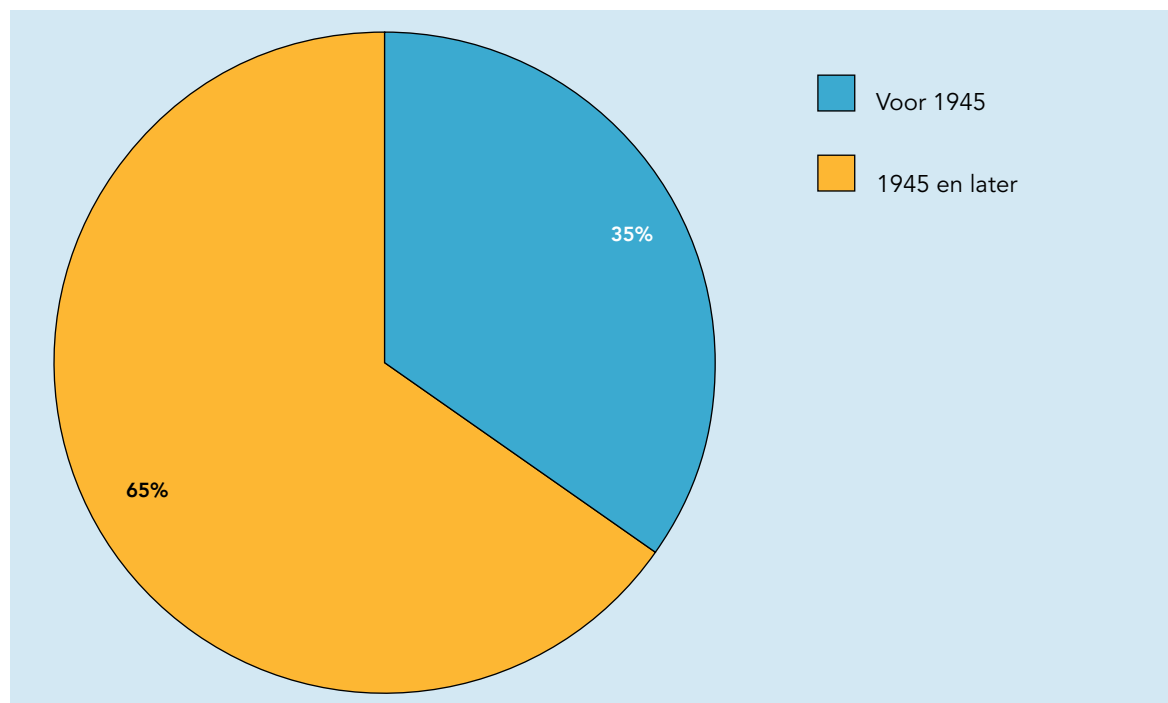
Als het gaat om het type woningen dan zijn rijtjeswoningen en twee-onder-een-kapwoningen ondervertegenwoordigd in de ongevallen ten opzichte van de Nederlandse woningvoorraad. Portiekwoningen zijn oververtegenwoordigd. Het aandeel vrijstaande woningen is een afspiegeling van de Nederlandse woningvoorraad.

Van de woningen waarin koolmonoxideongevallen plaatsvonden, was 45 procent eigendom van de bewoner, 34 procent van een woningcorporatie en 21 procent van de woningen was van een particuliere verhuurder (vrije sector). De verdeling van het eigendom van woningen in Nederland is 57 procent koopwoningen, 31 procent van woningcorporaties en 12 procent van particuliere verhuurders. Sociale huurwoningen en woningen van particuliere verhuurders zijn dus iets oververtegenwoordigd in de database koolmonoxideongevallen.



Figuur 14: Eigenaar van de woning waar een koolmonoxideongeval plaatsvond met een cv, geiser, kachel of haard. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Ongeveer 35 procent van de koolmonoxideongevallen vond plaats in woningen van voor 1945 en ongeveer 65 procent in woningen van na 1945. Woningen van voor 1945 zijn oververtegenwoordigd in de database met ongevallen ten opzichte van de Nederlandse woningvoorraad.



Figuur 15: Bouwjaar van de woning waar een koolmonoxideongeval plaatsvond met een cv, geiser, kachel of haard. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Niet alleen woningen

In dit rapport ligt de nadruk op koolmonoxideongevallen in woningen en andere gebouwen. Koolmonoxideongevallen kunnen echter ook optreden in caravans, woonboten, tenten en schepen. De database van de Onderzoeksraad met ongevallen in de periode 2012-2014 bevat een dodelijk ongeval, waarbij een echtpaar om het leven kwam toen zij een kooktoestel gebruikten in hun tent. In 2015 hebben zich ernstige koolmonoxideongevallen voorgedaan in onder meer een woonboot en een sloep.

2.4.4 Detectie en diagnosticering⁵¹

De koolmonoxideongevallen werden op verschillende manieren herkend. In 44 procent van de ongevallen detecteerde een koolmonoxidemelder het ongeval. 39 procent van de ongevallen werd (mede) opgemerkt door gezondheidsklachten (vergiftigingsverschijnselen) bij de bewoner of een huisgenoot. Bij 8 procent van de ongevallen ging een CO-meter van een hulpverlener af en in de overige gevallen op een andere manier (storing/defect installatie, vreemde (gas)lucht geroken).⁵²

⁵¹ Deze paragraaf heeft betrekking op alle koolmonoxideongevallen in de database, dus niet alleen de ongevallen met cv-ketels, geisers, kachels en haarden, zoals in de voorgaande paragrafen.

⁵² Op deze vraag kon men meer dan één antwoord geven.

Bij 58 procent van de koolmonoxideongevallen was een koolmonoxidemelder aanwezig in de woning. Bij 93 procent van de ongevallen in deze woningen gaf de respondent aan dat een koolmonoxidemelder afging. Daaruit kan worden afgeleid dat bij de overige 7 procent van de ongevallen in woningen met een koolmonoxidemelder de aanwezige koolmonoxidemelder niet is afgegaan.

Bij 75 procent van de ongevallen hadden de bewoners gezondheidsklachten tijdens het koolmonoxideongeval,⁵³ bij 48 procent van de ongevallen waren er ook klachten voortvloeiend uit het ongeval. Bij 12 procent van de ongevallen is de betrokkene overleden. Bij 38 procent van de ongevallen hadden de bewoners na het ongeval nog gezondheidsklachten.⁵⁴

Los van de sterfgevallen gaf bij 11 procent van de ongevallen de respondent aan blijvende klachten overgehouden te hebben aan het koolmonoxideongeval. Het gaat daarbij om angst, vermoeidheid, psychische klachten, benauwdheid en hoofdpijn.

De meest voorkomende gezondheidsklachten van de betrokken bewoners tijdens het koolmonoxideongeval waren (in volgorde van meest naar minst genoemd):

- vermoeidheid;
- hoofdpijn;
- misselijkheid;
- flauwvallen;
- psychische klachten;
- hartklachten.

⁵³ Niet in alle gevallen waren de gezondheidsklachten aanleiding tot het opmerken van het koolmonoxideongeval.

⁵⁴ Vanwege het ontbreken van contactgegevens van nabestaanden, zijn de dodelijke ongevallen uitgesloten van de enquête.

Deelconclusies

Bij betrokken partijen heerst van oudsher het beeld dat koolmonoxideongevallen ontstaan, doordat bewoners/woningeigenaren van oudere woningen hun verbrandings-toestellen niet goed laten onderhouden en onvoldoende ventileren. Het zou dan met name gaan om geisers en andere open toestellen. Verder zouden ongevallen zich met name voordoen in gestapelde bouw.

Dit beeld blijkt niet overeen te komen met de analyse van de ongevallen in de database van de Onderzoeksraad. De meerderheid van de ongevallen gebeurt met cv-ketels. De ongevallen gebeuren in allerlei soorten woningen.

Productie van een verhoogde concentratie koolmonoxide ontstaat meestal door problemen met de zuurstoftoevoer of een slecht functionerend of verkeerd afgesteld verbrandingstoestel. Het koolmonoxide komt in de ruimte terecht door een niet goed functionerende rookgasafvoer of doordat het een afvoerloos toestel betreft. De meerderheid van de installaties werd periodiek onderhouden door een erkende installateur.

De meeste koolmonoxideongevallen werden opgemerkt doordat een koolmonoxide-melder of -meter afging of doordat gezondheidsklachten optraden.

2.5 Omvang problematiek

2.5.1 Beschikbare gegevens over de omvang van de problematiek

VeiligheidNL⁵⁵ heeft het aantal slachtoffers bij ongevallen met koolmonoxide geschat. Zij schat dat elk jaar ongeveer tien personen door een koolmonoxidevergiftiging overlijden. Daarnaast leidt koolmonoxidevergiftiging tot bijna tweehonderd ziekenhuisopnamen en tot enkele honderden behandelingen op een spoedeisendehulpafdeling (SEH). De aantallen per jaar variëren echter sterk.⁵⁶

Deze schatting van de omvang van de problematiek kent een beperking. Uit het onderzoek van de Raad naar de illustratieve ongevallen is namelijk gebleken dat het mogelijk is dat een ongeval ten onrechte niet wordt herkend (en dus ook niet wordt geregistreerd) als koolmonoxideongeval. Dit komt dan doordat:

- bewoners en hun eventuele hulpverleners niet opmerken dat ze zijn blootgesteld aan koolmonoxide, bijvoorbeeld omdat zij hun lichamelijke en/of psychische klachten niet aan koolmonoxide relateren;

⁵⁵ VeiligheidNL is een expertisecentrum. Zij zijn gericht op het voorkómen van letsel door ongevallen, geweld en psychische onbalans door het stimuleren van veilig gedrag in de woon-, werk- en leefomgeving.

⁵⁶ Bron: VeiligheidNL, die zich daarbij baseert op Doodsoorzakenstatistiek 2008-2012, Centraal Bureau voor de Statistiek; Landelijke Medische Registratie 2009-2013, Dutch Hospital Data; Letsel Informatie Systeem 2009-2013, VeiligheidNL; Letsellastmodel 2013, VeiligheidNL i.s.m. Erasmus Medisch Centrum; Krantenknipselregistratie 2009-2013, VeiligheidNL.

- bij sterfgevallen koolmonoxide als oorzaak over het hoofd wordt gezien (of niet meer te relateren is aan het overlijden en mogelijk voorafgaande klachten. Zo kunnen slachtoffers dagen na de blootstelling overlijden aan hartfalen ten gevolge van koolmonoxidevergiftiging).

In paragraaf 3.5 over detectie en diagnosticering wordt verder ingegaan op de herkenning van koolmonoxideongevallen. Het lijkt in ieder geval gerechtvaardigd om te concluderen dat in de schatting van VeiligheidNL het daadwerkelijke aantal slachtoffers en gewonden wordt onderschat. Om die reden is de Raad op zoek gegaan naar andere indicatoren die iets zeggen over de totale omvang van de problematiek.

2.5.2 Indicatoren voor onderschatting van de problematiek

De Onderzoeksraad vermoedt dat de werkelijke omvang van de problematiek van koolmonoxideongevallen en -incidenten wordt onderschat. De volgende indicatoren wijzen ook in die richting. Bijlage I bevat een uitgebreide toelichting op deze indicatoren.

Indicator: onveilige verbrandingsinstallaties

Kiwa Technology controleert sinds 2004 steekproefsgewijs de kwaliteit van het onderhoud aan huishoudelijke gastoestellen in opdracht van enkele woningcorporaties.⁵⁷ Op basis van deze steekproeven is geschat welk aantal verbrandingsinstallaties te veel koolmonoxide uitstoot. Als deze schatting wordt vertaald naar alle huishoudelijke gastoestellen in woningen in Nederland, zou dat betekenen dat een op de veertig toestellen op dit moment een gevaarlijke hoeveelheid koolmonoxide produceert. Bij deze toestellen is dus al een van de twee barrières overschreden richting een koolmonoxideongeval.⁵⁸ Cijfers uit Groot-Brittannië lijken erop te wijzen dat het aandeel onveilige⁵⁹ verbrandingsinstallaties nog hoger kan zijn: een op de zeven toestellen.⁶⁰ Een mogelijke verklaring voor dit verschil is dat de steekproef van Kiwa alleen betrekking heeft op toestellen in woningen van woningcorporaties, niet op alle typen woningen. Bovendien is de Britse definitie van een onveilige verbrandingsinstallatie ruimer dan de uitstoot van koolmonoxide.

Indicator: patiënten met een koolmonoxidevergiftiging

In Groot-Brittannië zijn diverse studies gedaan naar het vóórkomen van koolmonoxidevergiftiging onder patiënten (in Nederland is voor zover bekend geen vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd). Als de uitkomsten van deze studies worden vertaald naar de Nederlandse situatie, komt dit neer op ruim 1.000 gevallen per jaar van niet-herkende koolmonoxidevergiftiging onder ziekenhuispatiënten en bezoekers van de eerstehulp-posten. Dat is dus ongeveer een vijf keer zo hoog als de tot dusver geschatte aantallen.

⁵⁷ Kiwa voert deze controles uit volgens een protocol dat beschrijft op welke aspecten wordt getoetst en op grond van welke criteria de beoordeling goed/matig/slecht of veilig/onveilig wordt gegeven (VGI-452-Sal: Beoordeling van preventief onderhoud aan gastoestellen- een beoordelingsprotocol, update van maart 2012, openbaar document dat opvraagbaar is via Kiwa Technology).

⁵⁸ De eerste barrière tegen een koolmonoxideongeval is voorkomen dat een toestel koolmonoxide produceert. De tweede barrière is voorkomen dat het koolmonoxide in een ruimte terechtkomt. Zie de toelichting in paragraaf 1.2.

⁵⁹ De Gas Safe Register verstaat onder 'onveilig' dat er ofwel onmiddellijk gevaar is voor de bewoner of dat er gebreken aanwezig zijn die uiteindelijk tot een gevaar zouden kunnen leiden. Dit is ruimer dan alleen risico op koolmonoxide. Bron: e-mailcontact met Gas Safe Register. Zie ook http://www.gassaferegister.co.uk/advice/unsafe_situations/warning_labels.aspx.

⁶⁰ Bron: http://www.gassaferegister.co.uk/news/gas_safe_register_news/68,000_homes_escape.aspx?year=2014. Geraadpleegd op 15 april 2015.

Indicator: verhoudingsgewijs hoog aandeel koolmonoxidemelders in database

Van de ongevallen in de database van de Onderzoeksraad vond circa 58 procent plaats in een woning met een koolmonoxidemelder. Dat is een relatief hoog percentage. Het percentage woningen dat in Nederland is voorzien van een koolmonoxidemelder, is namelijk veel lager: ongeveer 5 procent voor alle woningen en 20 procent voor woningen met een open verbrandingstoestel.⁶¹ Dit betekent dat woningen met koolmonoxidemelders oververtegenwoordigd zijn in de database. Een verklaring hiervoor is dat ongevallen relatief vaker worden opgemerkt, als er in de woning een goed functionerende koolmonoxidemelder aanwezig is. Op basis van de database met koolmonoxide-ongevallen in de periode 2012-2014 schat de Onderzoeksraad dat in woningen zonder koolmonoxidemelder ongeveer twee derde van de ongevallen met koolmonoxide niet wordt opgemerkt. Dit zijn vergelijkbare ongevallen als die in de database zijn opgenomen, maar hierbij hebben noch bewoners noch eventuele hulpverleners opgemerkt dat sprake is van koolmonoxidevergiftiging.

Deelconclusie

Elk jaar overlijden gemiddeld vijf tot tien personen door een koolmonoxidevergiftiging en leidt koolmonoxidevergiftiging tot circa tweehonderd ziekenhuisopnamen en tot enkele honderden behandelingen op een spoedeisendehulpafdeling (SEH).⁶² De aantallen per jaar variëren sterk. Er zijn indicatoren dat de werkelijke aantallen drie tot vijf keer zo hoog liggen.

⁶¹ Bron: TU Delft, *Cijfers uitfasering open verbrandingstoestellen*, 2013.

⁶² Bron: VeiligheidNL, gebaseerd op Doodsoorzakenstatistiek 2008-2012, Centraal Bureau voor de Statistiek; Landelijke Medische Registratie 2009-2013, Dutch Hospital Data; Letsel Informatie Systeem 2009-2013, VeiligheidNL; Letsellastmodel 2013, VeiligheidNL i.s.m. Erasmus Medisch Centrum; Krantenknipselregistratie 2009-2013, VeiligheidNL.

3 ANALYSE

3.1	Techniek: verbrandingsinstallaties	52
3.2	Mens en organisatie: bewoner/woningeigenaar en installateur	60
3.3	Borging van de veiligheid door de branche	70
3.4	Beleid, regelgeving en toezicht vanuit de overheid.....	78
3.5	Detectie en diagnosticering.....	86

In het voorgaande hoofdstuk is de omvang van de problematiek verkend en zijn de kenmerken en de mechanismen achter koolmonoxideongevallen in kaart gebracht. Dit hoofdstuk gaat in op de vraag hoe het komt dat betrokken partijen niet konden voorkomen dat de koolmonoxideongevallen ontstonden. Ook exploreert de Raad in dit hoofdstuk wat er gedaan kan worden om de gevolgen (vergiftiging met mogelijk dodelijke afloop) te beperken. Figuur 16 is een schematische weergave van de achterliggende factoren die een rol spelen bij koolmonoxideongevallen.⁶³ Hierin is ook te zien hoe dit hoofdstuk is opgebouwd.



Figuur 16: Achterliggende factoren van koolmonoxideongevallen.

3.1 Techniek: verbrandingsinstallaties

Techniek staat centraal bij het ontstaan van ongevallen met koolmonoxide. Deze techniek wordt gerealiseerd door fabrikanten van componenten van verbrandingsinstallaties en door de installateurs die deze installaties aanleggen en onderhouden. De techniek maakt deel uit van het gebouw waarin deze wordt geïnstalleerd, en valt daarmee onder de bouwregelgeving. Op de toestellen en koolmonoxidemelders is de warenwetgeving van toepassing.

De productie van de verhoogde concentratie koolmonoxide en het vrijkomen daarvan is gerelateerd aan de verbrandingsinstallatie (hieronder vallen onder andere het geheel van het verbrandingstoestel, eventuele luchttoevoer, rookgasafvoer, opstelruimte en ventilatie). Achtergrondinformatie over verbrandingsinstallaties en de mechanismen achter koolmonoxideongevallen is opgenomen in bijlagen C en D.

⁶³ De analyse van het ontstaan van koolmonoxideongevallen is toegespitst op ongevallen met cv-ketels, geisers, kachels en haarden (paragraaf 3.1 tot en met 3.4). De analyse van de detectie en diagnosticering heeft betrekking op alle onderzochte koolmonoxideongevallen.

Deze paragraaf beschrijft de technische factoren die kunnen leiden tot ongevallen met koolmonoxide of maken dat deze ongevallen niet worden voorkomen. Hierin wordt ingegaan op de fundamentele gevaren die kleven aan het gebruik van verbrandingsstoestellen. Ook wordt beschreven in welke opzichten verbrandingsinstallaties noch *failsafe*, noch *foolproof* zijn en waarom verbrandingsinstallaties als samenhangend systeem in combinatie met het gebouw moeten worden beschouwd.

Een technisch hulpmiddel om ongevallen met koolmonoxide te kunnen detecteren, is de koolmonoxidemelder. De koolmonoxidemelder wordt behandeld in paragraaf 3.5 en bijlage J.

3.1.1 Fundamentele gevaren van het gebruik van verbrandingstoestellen

Het gebruik van een verbrandingstoestel zoals een cv-ketel, geiser, kachel of haard in een woning brengt een aantal gevaren met zich mee. Deze gevaren zijn inherent aan het feit dat verbrandingstoestellen gas (of een andere brandstof), vuur en veelal water en/of elektriciteit in één apparaat samenbrengen. Er kunnen bovendien branden en explosies plaatsvinden met verbrandingsinstallaties.⁶⁴ Daarnaast worden giftige rookgassen geproduceerd bij de verbranding. Doordat de verbrandingsinstallatie zich in de woning bevindt, bestaat het gevaar dat gevaarlijke concentraties van deze giftige rookgassen met onder andere koolmonoxide vrijkomen in de woning.

3.1.2 Verbrandingsinstallaties zijn niet failsafe

De Raad vindt dat verbrandingsinstallaties, waar verbrandingstoestellen deel van uitmaken, *failsafe* moeten zijn. Dit betekent het volgende:

- De installatie en de interne componenten moeten ook veilig werken als het systeem, of een onderdeel daarvan faalt.
- Als de verbrandingsinstallatie faalt, mag geen voor de mens gevaarlijke situatie ontstaan.
- De gebruiker mag bij uitval van de installatie of een component ervan niet ten onrechte in de veronderstelling zijn dat de situatie veilig is.

Installaties worden echter niet *failsafe* uitgevoerd. Dit blijkt uit de ongevallen met koolmonoxide die de Raad heeft onderzocht, en uit gesprekken met fabrikanten van componenten. Sommige installaties blijken namelijk zoveel koolmonoxide te laten vrijkomen, dat zij onveilig zijn voor de gebruiker:

- zonder dat dit voor de gebruiker merkbaar en kenbaar is;
- zonder dat de installatie overgaat op een veilige modus of zichzelf uitschakelt.

Toestellen

Een toestel kan onopgemerkt te veel koolmonoxide produceren. Dit gebeurt zolang dit naar buiten wordt afgevoerd, er geen koolmonoxidemelder afgaat en/of bewoners geen gezondheidsklachten hebben die bij blootstelling aan koolmonoxide kunnen worden

⁶⁴ Zie bijvoorbeeld het bericht *Cv-ketel ontploft in kinderopvang in Limburgse Swalmen*. Gepubliceerd op www.nu.nl op 1 december 2014.

gerelateerd. Dit blijft ook onopgemerkt als een installateur bij onderhoud geen CO₂/CO-meting uitvoert. Aan het verbrandingstoestel zelf kan de bewoner of installateur vaak niet zien dat er koolmonoxide vrijkomt. De cv-ketel staat in de meeste woningen buiten het zicht; de thermostaat bevindt zich in de woonkamer en daarop kan niet worden afgelezen hoe het met de cv-ketel en het verbrandingsproces is gesteld. Op de cv-ketel zelf is een storingscode te zien, als de cv-ketel niet goed functioneert of is uitgevallen. De storingscodes en de toelichting in de handleiding hebben echter veelal alleen betrekking op de oorzaak van de storing, niet op de risico's voor de gebruiker.⁶⁵ Als de installatie niet is uitgevallen, kan de gebruiker aan het apparaat ook niet aflezen hoe het gesteld is met de kwaliteit van het verbrandingsproces. Noch of er sprake is van een verhoogde concentratie koolmonoxide. Ook bij een geiser geeft de zichtbare vlam niet altijd een goede indicatie of het toestel al dan niet koolmonoxide produceert.

Er worden wel beveiligingsmaatregelen ingebouwd in installaties. Die moeten ervoor zorgen dat het toestel uitgeschakeld wordt, als er bijvoorbeeld geen goede vlam is of de rookgasafvoer verstopt is. In sommige gevallen kunnen deze beveiligingen het vrijkomen van koolmonoxide bedoeld of onbedoeld voorkomen. Dit is echter niet altijd het geval. Zo zijn er ongevallen bekend waarbij cv-ketels veel koolmonoxide produceerden, zonder dat het toestel afsloeg (bij twee ongevallen ruim 30.000 ppm).⁶⁶

Terugslagbeveiliging

Een thermische terugslagbeveiliging (TTB) is een type beveiliging met een warmtegevoelig element boven in een toestel. De TTB schakelt een toestel uit als de rookgasafvoer verstopt is en warme rookgassen zich ophopen. Uit onderzoek van de Onderzoeksraad blijkt echter dat deze beveiliging niet altijd een ongeluk kan voorkomen. Bij een ongeval door een geiser functioneerde de TTB, maar deze heeft het ongeval niet voorkomen. Dat kwam doordat het element, door de neerwaartse stroom koude buitenlucht in de afvoer, onvoldoende opwarmde om te worden geactiveerd.⁶⁷

Fabrikanten kiezen zelf of ze beveiligingen aanbrengen in verbrandingstoestellen. Wettelijk wordt niet geëist dat verbrandingstoestellen geen koolmonoxide (0 ppm) mogen produceren of moeten afslaan bij een bepaalde productiehoeveelheid van koolmonoxide. Zo voldoen nieuwe cv-ketels aan de wettelijke eisen als ze onder extreme testomstandigheden⁶⁸ maximaal 1.000 ppm luchtvrij⁶⁹ koolmonoxide produceren.

⁶⁵ Bron: installatiehandleidingen van actuele typen cv-ketels van bekende ketelfabrikanten.

⁶⁶ Ongeval 1: veronderstelde natuurlijke dood. Ongeval 3: koolmonoxide uit andere woning. Zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving van deze ongevallen.

⁶⁷ Ongeval 2: jonge meisjes in badkamer (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving).

⁶⁸ De extreme testomstandigheden houden in dat gesimuleerd wordt dat de rookgasafvoer of de luchttoevoer (gedeeltelijk) verstopt is, of dat de ventilator die in het toestel zit (gedeeltelijk) defect is (*blocked fue test*). Een dergelijk falen wordt in toenemende mate gesimuleerd.

⁶⁹ Luchtvrij betekent zonder extra verbrandingslucht. Verschillende situaties kunnen op deze manier met elkaar worden vergeleken door ze terug te rekenen naar stoichiometrische verbranding (waarbij alle verbrandingslucht wordt opgebruikt).

Wettelijke eisen en praktijk

De wettelijke eisen staan in NEN-EN 15502-1:2012 en NEN-EN 15502-2-1:2012. Het is niet verplicht voor nieuwe gastoestellen om aan deze norm te voldoen, wel is er een wettelijke plicht om te voldoen aan het Besluit Gastoestellen (Gas Appliance Directive ofwel GAD). Onder de GAD worden geharmoniseerde normen uitgebracht zoals voornoemde NEN-EN 15502. De fabrikant kan het voldoen aan deze norm gebruiken als bewijs dat men aan de GAD voldoet. Ook praktijkmetingen van één toestel (van onder andere koolmonoxide) horen bij de testomvang uit de norm. Niet elke norm kent dezelfde bovengrens voor koolmonoxide. Een *Notified Body*, een door de overheid aangewezen derde partij, controleert hierop.

In de praktijk zullen de meeste toestellen minder dan 1.000 ppm koolmonoxide produceren. In Nederland zijn de meeste toestellen voorzien van het (vrijwillige) Gaskeur SV-label, dat eist dat de emissie lager is dan 160 ppm (lucht vrij). Daarbij gaat het om de zogenoemde jaaremissiewaarde, een gemiddelde van de emissie bij maximum- en minimumbelasting.⁷⁰ In de praktijk blijken de HR-toestellen vanaf ongeveer vijftien jaar terug, na correct uitgevoerd onderhoud veelal ruim onder de 200 ppm CO (lucht vrij) te zitten onder alle bedrijfsomstandigheden (hooglast, laaglast en alles daartussen).

Deze normering gaat bovendien uit van een nieuw en goed functionerend toestel in een testomgeving. Er ontbreekt een norm die een *failsafe* voorziening voorschrijft, gerelateerd aan de productiehoeveelheid van koolmonoxide.

De ruime norm voor koolmonoxideproductie en het ontbreken van een norm voor *failsafe* voorzieningen resulteren erin dat fabrikanten de ruimte hebben om zelf een afweging te maken tussen beschikbaarheid, economische motieven en veiligheid. Het gevolg is dat er tussen de toestellen verschillen in de mate van beveiliging tegen het produceren van koolmonoxide bestaan. Fabrikanten en installateurs hebben de Onderzoeksraad in gesprekken laten weten dat er twee belangrijke overwegingen zijn om niet alle mogelijke beveiligingsmaatregelen in te zetten. De eerste overweging is de kosten. Fabrikanten en installateurs merken dat de consument vooral kiest voor een lage prijs. Beveiligingsmaatregelen verhogen de prijs van een verbrandingstoestel. De tweede overweging is de betrouwbaarheid of bedrijfszekerheid van het toestel. Als een toestel in storing gaat vanwege de ingreep van de beveiliging zit de consument zonder warm water en/of zonder verwarming. Fabrikanten willen niet dat het inbouwen van meer beveiligingen leidt tot meer storingen en daarmee afbreuk doet aan het imago van het merk.

Rookgasafvoer

Daarnaast zijn verbrandingsinstallaties niet *failsafe* voor het falen van de rookgasafvoer. Dit is een ongewenste situatie, aangezien de rookgasafvoer een veiligheidskritische functie vervult binnen de verbrandingsinstallatie. De ongevallen laten zien dat deze

⁷⁰ Bron: Beoordelingsrichtlijn behorende bij het Gaskeur SV label d.d. 1 feb. 2011.

leidingen kunnen losschieten, doordat zij bestaan uit pijpen die veelal los in elkaar worden geschoven. Er kan vervolgens koolmonoxide vrijkomen in de woning, als de rookgasafvoer lek raakt (bijvoorbeeld door corrosie na verloop van tijd), los schiet of als er een onvoldoende of tegengestelde luchtstroom plaatsvindt.⁷¹ Het toestel zal dan niet afslaan, waardoor koolmonoxide blijft vrijkomen.

Stadsgas

Het stadsgas (ook wel lichtgas genoemd) dat tot de jaren 60 en 70 werd gebruikt, bevatte koolmonoxide (zo'n 8 procent). Dat was voor de toenmalige gasbedrijven een belangrijke reden om de gasleidingen te controleren op lekdichtheid. Althans, de minister noemde het afwezig zijn van koolmonoxide in het huidige aardgas als reden dat netbeheerders gestopt zijn met het inspecteren van gasleidingen in woningen.⁷² Als deze lijn wordt doorgetrokken, zou aan het lekdicht zijn van rookgasafvoerleidingen hetzelfde belang moeten worden gehecht als vroeger aan het lekdicht zijn van gasleidingen. Immers ook uit rookgasafvoerleidingen kan bij lekkage een potentieel dodelijke concentratie koolmonoxide vrijkomen.

Bij concentrische rookgasafvoerleidingen is er wel een extra veiligheidsbarrière ten opzichte van andere rookgasafvoerleidingen. Bij concentrische leidingen stromen de rookgassen door een centrale buis (rookgasafvoerleiding) naar buiten en komt de verbrandingslucht via een buis daaromheen (luchttoevoerleiding) naar binnen. Deze constructie zorgt ervoor dat bij lekkage de rookgassen niet direct in de woning terechtkomen, maar in eerste instantie in de luchttoevoerleiding.

3.1.3 Verbrandingsinstallaties zijn niet foolproof

De Raad vindt dat verbrandingsinstallaties ook *foolproof* moeten zijn. Met *foolproof* wordt bedoeld dat zo veel als mogelijk wordt voorkomen dat een installateur en/of gebruiker fouten maakt. Er mogen bovendien geen ernstige gevolgen optreden, als zij toch fouten maken.⁷³

Toestellen

Een aantal ongevallen die de Raad heeft onderzocht, waren het gevolg van handelingen van de installateur. Bijvoorbeeld bij het afstellen van het verbrandingstoestel⁷⁴ en het aanleggen van de rookgasafvoer.⁷⁵

⁷¹ Of terugstromen in het toestel, waardoor recirculatie ontstaat en het toestel meer koolmonoxide gaat produceren.

⁷² Vragen van de Kamerleden De Vries en Monasch (beiden PvdA) aan de ministers voor Wonen en Rijksdienst en van Infrastructuur en Milieu over het bericht dat de gasleiding van honderdduizenden Nederlanders lekt (ingezonden 11 juni 2014). Antwoord van minister Blok (Wonen en Rijksdienst), mede namens de minister van Economische Zaken (ontvangen 29 augustus 2014). Zie ook Aanhangsel Handelingen, vergaderjaar 2013-2014, nr. 2524.

⁷³ Het (subtiel) verschil tussen *foolproof* en *failsafe* is dat *failsafe* betrekking heeft op het falen van de installatie zelf of de componenten daarvan, terwijl *foolproof* duidt op handelingen van buitenaf.

⁷⁴ Ongeval 1: veronderstelde natuurlijke dood. Ongeval 5: ventilatiesysteem en recent onderhouden stookinstallatie (zie paragraaf 2.2 voor uitgebreide beschrijvingen van deze ongevallen).

⁷⁵ Ongeval 2: jonge meisjes in badkamer. Ongeval 3: koolmonoxide uit andere woning. Ongeval 4: keer op keer ziek bij harde wind (zie paragraaf 2.2 voor uitgebreide beschrijvingen van deze ongevallen).

De installateur moet bij aanleg en onderhoud onder andere controleren of de verhouding tussen brandstof en zuurstof (gas-luchtverhouding) in orde is. Hij kan daarbij het toestel zo afstellen dat deze verhouding buiten de limieten komt die zijn opgegeven door de fabrikant. Dit kan tot gevolg hebben dat er onvolledige verbranding plaatsvindt en koolmonoxide ontstaat. Uit gesprekken met fabrikanten en documentatie van verbrandingsstoestellen heeft de Raad afgeleid dat het niet altijd nodig is dat de installateur de gas-luchtverhouding zelf afstelt. De afstelknop wordt gelakt, zodat de fabrikant bij garantievragestukken kan zien of de afstelling gewijzigd is.

In de praktijk blijken installateurs deze afstelling regelmatig te wijzigen. Soms moeten installateurs de afstelling van de gas-luchtverhouding wijzigen, omdat deze niet goed is en het toestel koolmonoxide kan produceren. Aan het wijzigen van de instelling kleefte het risico dat de installateur (ongemerkt) een instelling kiest waarmee de limieten van het verbrandingstoestel worden overschreden (vaak met het doel om het toestel weer binnen de limieten of werkend te krijgen). Bij één ongeval dat de Raad onderzocht, veranderde de installateur de afstelling om een storing op te lossen. Hierbij overschreed hij echter de limieten. Het toestel ging daardoor koolmonoxide produceren zonder af te slaan.

In een ander geval moest de installateur juist wel de afstelling van het toestel wijzigen om het verbrandingstoestel op propaan te kunnen aansluiten. De instelling werd echter niet gewijzigd. Doordat het toestel niet op de juiste brandstof was afgesteld, ging het koolmonoxide produceren. Het toestel sloeg niet af.

In beide gevallen droegen de handelingen van de installateur bij aan het ontstaan van het ongeval en blootstelling van de gebruikers aan koolmonoxide. Hieruit blijkt dat het verbrandingstoestel niet *foolproof* is voor de handelingen van de installateur. Dit is een relevant aspect, aangezien uit reacties op een enquête van de Onderzoeksraad onder installateurs blijkt dat installateurs de gas-luchtverhouding bij gemiddeld een op de vijf onderhoudsbeurten aanpassen.

De installatie moet ook *foolproof* zijn voor de gebruiker. Bij sommige installaties is het voldoen aan de vereisten van ventilatie afhankelijk van of de bewoner een raam of een rooster opent. Deze installaties zijn hierdoor niet *foolproof* voor de bewoner.

Rookgasafvoer

Hetzelfde geldt voor de rookgasafvoer. Uit de database met koolmonoxideongevallen blijkt dat bij een substantieel deel van de ongevallen handelingen van de installateur ten grondslag lagen aan het falen van de rookgasafvoer.

Bij een aantal ongevallen die de Raad heeft onderzocht, had de installateur de rookgasafvoer niet volgens de voorschriften aangelegd. Bij deze ongevallen was de rookgasafvoer met te weinig beugels bevestigd. Bij controles, als die plaatsvonden, werd dit niet opgemerkt. Het gevolg was dat de rookgasafvoer niet robuust was bij bewegingen door

wind, werken van constructies, verzakken van het gebouw, temperatuurverschillen of werking van het gebouw. Deze kon verplaatsen en losraken.⁷⁶ Hierdoor werden de gebruikers blootgesteld aan koolmonoxide.

Een andere manier waarop de rookgasafvoer kan falen, is door het verkeerde materiaal toe te passen, eventueel in combinatie met niet op tijd vervangen ervan. Zo kan een rookgasafvoer van dunwandig aluminium in combinatie met HR-ketels eerder lek raken dan dikwandig of meer corrosiebestendig materiaal. De agressieve condens van HR-ketels tast namelijk het dunne materiaal aan, waardoor gaten ontstaan. In de database met koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad zijn meerdere ongevallen te vinden die door dergelijke mechanismen zijn ontstaan. Deze faalmechanismen laten zien dat ook rookgasafvoerleidingen niet *foolproof* zijn.

De rookgasafvoer heeft een veiligheidskritische functie binnen de verbrandingsinstallatie. Daarom verbaast het de Raad dat het niet verplicht is om voorzieningen toe te passen die voorkomen dat de rookgasafvoer gaat lekken of losraakt. In het Bouwbesluit wordt weliswaar geëist dat de installatie veilig is, maar producten die voor de hand liggende faalmechanismen bevatten, zijn niet verboden. Fabrikanten schrijven wel voor hoe moet worden gebeugeld. Het is daarbij een uitdaging om de rookgasafvoer *foolproof* te maken. Voor het beugelen moet een oplossing worden ontwikkeld die het maken van fouten verkleint en ervoor zorgt dat onderdelen onder alle omstandigheden aan elkaar vast blijven zitten.

3.1.4 Verbrandingsinstallatie als samenhangend systeem

De ongevallen die de Raad onderzocht, kenmerken zich door een grote diversiteit. Het gaat hierbij vaak om de interactie tussen diverse componenten en factoren (verbrandingsstoestel, rookgasafvoer, luchttoevoer, weersomstandigheden). Het al dan niet ontstaan van een ongeval met koolmonoxide, wordt dus bepaald door het functioneren van de verbrandingsinstallatie binnen het gebouw. De verschillende componenten van de verbrandingsinstallatie en het gebouw moeten een samenhangend geheel vormen. Dat geldt niet alleen op het moment van aanleg, maar gedurende de gehele levensloop van installatie en gebouw. Dus ook als daarin tussentijds wijzigingen worden aangebracht.

Componenten verbrandingsinstallatie

In Nederland kiest de installateur zelf bij de groothandel uit welke componenten hij de verbrandingsinstallatie samenstelt. Installatievoorschriften en praktijkrichtlijnen zoals de Praktijkrichtlijn Gasinstallaties (NPR 3378) geven wel richting, maar uit gesprekken met fabrikanten en installateurs blijkt dat deze in de praktijk niet altijd worden gevolgd. Zij kijken daarbij naar de praktijk in onder meer Duitsland, waar de fabrikant het rookgasafvoersysteem veelal verkoopt in combinatie met het verbrandingstoestel. Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat een installateur een rookgasafvoersysteem kiest dat bij het toestel past.

⁷⁶ Ongeval 3: koolmonoxide uit andere woning. Ongeval 4: keer op keer ernstig ziek bij harde wind (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving van deze ongevallen).

Samenhang tussen installatie en gebouw

De installatie moet ook passend zijn in samenhang met het gebouw en de andere systemen daarbinnen. Zo werd bij één ongeval koolmonoxide afkomstig van een verkeerd afgesteld toestel afgevoerd door de rookgasafvoer. Maar bij een bepaalde windrichting werden de rookgassen met koolmonoxide weer het gebouw ingevoerd door een ventilatiesysteem. Daarnaast werd nog een ander probleem aangekaart in gesprekken met de Raad. Soms worden installaties zodanig aangelegd, dat het moeilijk is, zo niet onmogelijk, om goede inspecties en onderhoudswerkzaamheden uit te voeren. Ten slotte is de Raad bij ongevallen tegengekomen dat er open toestellen worden geplaatst in ruimtes en gebouwen die onvoldoende kunnen worden geventileerd.

Uitmonding

Een specifiek aspect van de samenhang tussen installatie en gebouw is de uitmonding. Soms is er sprake van een verkeerde locatie en uitvoering van de uitmonding van de afvoerleiding, doordat er bijvoorbeeld is verbouwd of er iets op het dak is aangepast. Dit kan onder bepaalde wind- of ventilatiecondities leiden tot het aanzuigen van rookgassen door verbrandingsluchttoevoerleidingen of tot het niet (goed) werken van de afvoer, met recirculatie van rookgassen als gevolg.

Levensloop van installatie en gebouw

De samenhang tussen de verschillende componenten van de verbrandingsinstallatie is relevant gedurende de volledige levensloop van de installatie en het gebouw. Wijzigingen van een deel van de installatie kunnen zorgen voor veiligheidsproblemen. Bijvoorbeeld als een VR-ketel wordt vervangen door een HR-ketel zonder dat iemand de rookgasafvoer beoordeelt op de andere samenstelling van de rookgassen. Onder levensloopbestendigheid van installaties verstaat de Raad ook dat bij aanleg gemaakte fouten later worden opgemerkt en hersteld. Zo werd bij één ongeval jarenlang door een installateur onderhoud uitgevoerd aan een afvoergebonden geiser, zonder dat de installateur opmerkte dat de afvoer verkeerd was ontworpen en aangelegd.⁷⁷

Levensloopbestendigheid en samenhang met het gebouw roept de vraag op of het logisch is dat de rookgasafvoer bij elke toestelvervanging wordt vervangen, of dat het moet worden beschouwd als een component van het gebouw, dat net zo lang mee zou moeten gaan als de rest van het gebouw. Uit veiligheidsoverwegingen is het gelijktijdig vervangen van het rookgasafvoersysteem en de cv-ketel verdedigbaar.⁷⁸ Hiermee kan worden geborgd dat het rookgasafvoersysteem aansluit op de gebruikte technologie. Als de levensduur van de installatie daarmee korter is dan de levensduur van het gebouw, moet er bij de bouwwijze wel rekening mee worden gehouden dat de gehele installatie eenvoudig vervangen kan worden. Uit gesprekken met installateurs en fabrikanten heeft de Raad begrepen dat hier lang niet altijd in wordt voorzien.

⁷⁷ Ongeval 2: jonge meisjes in badkamer (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving).

⁷⁸ UNETO-VNI heeft in een inzageactie laten weten dat installateurs vanwege prijsdruk het vervangen van de rookgasafvoer vaak achterwege laten.

Deelconclusie

Verbrandingsinstallaties combineren veelal gas, elektriciteit, water en vuur in één apparaat en staan vaak in woningen. Bij de verbranding kunnen giftige rookgassen vrijkomen, waaronder koolmonoxide. Daarom zijn verbrandingsinstallaties inherent gevaarlijk. Het koolmonoxide dat de installaties produceren, kan in de woning terechtkomen zonder dat dit voor de gebruiker merkbaar en kenbaar is en zonder dat de installatie zichzelf uitschakelt. Dit maakt dat installaties niet *failsafe* zijn. Er wordt niet voorgeschreven dat installaties *failsafe* moeten zijn, bovendien streven fabrikanten naar lage kosten en weinig storingen. Daarnaast kan foutief handelen van een installateur en/of gebruiker leiden tot ernstige gevolgen. Dit betekent dat deze installaties ook niet *foolproof* zijn. Fabrikanten en installateurs hebben bovendien te weinig oog voor de samenhang tussen componenten van de installatie en het gebouw, gedurende de volledige levensloop.

3.2 Mens en organisatie: bewoner/woningeigenaar en installateur

In deze paragraaf staat wat de bewoner/gebruiker, de installateur en zijn opdrachtgever kunnen doen om ongevallen met koolmonoxide te voorkomen. Ook komt aan de orde welke handelingen juist een rol kunnen spelen bij het veroorzaken van deze ongevallen.

3.2.1 De bewoner en/of woningeigenaar

Volgens de Woningwet is de bewoner als gebruiker van de verbrandingsinstallatie verantwoordelijk voor een veilige werking en gebruik. De woningeigenaar of toestel-eigenaar (dit kan de bewoner zijn of een ander, zoals een woningcorporatie of particuliere verhuurder) is er verantwoordelijk voor dat de installatie veilig is aangelegd en wordt onderhouden.

De Raad heeft hierover diverse betrokken partijen geïnterviewd. Uit deze interviews komt het beeld naar voren dat in de samenleving de gedachte heerst dat ongevallen met koolmonoxide ontstaan door toedracht van bewoners en/of eigenaren zelf. Zij zouden te weinig onderhoud laten plegen aan hun verbrandingsinstallaties, te weinig ventileren, of installaties laten onderhouden door installateurs zonder kwalificaties.⁷⁹

Dit beeld blijkt niet op alle punten overeen te komen met de situatie zoals de Raad die heeft aangetroffen. Het is inderdaad zo dat een deel van de bewoners en/of eigenaren zich niet bewust is van het gevaar van koolmonoxide en van hun mogelijkheden en verantwoordelijkheid om daar iets tegen te doen. In de meerderheid van de onderzochte ongevallen bleken bewoners en/of eigenaren echter wel hun verantwoordelijkheid te

⁷⁹ Zie bijvoorbeeld https://www.brandweer.nl/brandveiligheid/veilig_wonen/koolmonoxide/ (geraadpleegd op 29 april 2015) en websites van diverse installatiebedrijven.

hebben genomen door periodiek onderhoud te laten uitvoeren door een erkende installateur. Verder hebben bewoners en/of eigenaren beperkte mogelijkheden om zelf de veiligheid van hun installatie te borgen.

Gebrek aan veiligheidsbewustzijn

Door gebrek aan veiligheidsbewustzijn kunnen bewoners/eigenaren wel een verkeerde afweging maken tussen gebruiksgemak, kosten en veiligheid. Ze kiezen er bijvoorbeeld uit oogpunt van comfort voor om lang te douchen terwijl er onvoldoende ventilatie is. Voorlichtingsmateriaal van onder meer de brandweer is er dan ook op gericht om het veiligheidsbewustzijn van bewoners/gebruikers te vergroten en hen ertoe aan te zetten de gewenste acties te nemen. Zoals meer ventileren en zorgen voor periodiek onderhoud door erkende installateurs.⁸⁰

Ook in andere landen bestaat het beeld van bewoners die zich onvoldoende bewust zijn van de gevaren van koolmonoxide.

Millions of Britons worry more about their TV than risk of 'silent killer' in their home

A SHOCKING 10million people in Britain are more concerned about the thought of their TV malfunctioning than checking if their boiler is giving off a deadly gas, new figures reveal.

By SARAH ANN HARRIS

PUBLISHED: 09:11, Wed, Oct 1, 2014



Een bericht over een onderzoek in Groot-Brittannië vermeldt bijvoorbeeld dat een op de zes bewoners niet weet dat blootstelling aan koolmonoxide gevaarlijk is. Bovendien weet een op de drie bewoners niet dat onderhoud van hun cv-ketel koolmonoxidevergiftiging kan voorkomen.⁸¹

Figuur 17: Nieuwsbericht overbewustzijn van gevaren koolmonoxide.

Het beeld dat een groot deel van de bewoners en/of eigenaren niet veiligheidsbewust zou zijn, correspondeert niet met de bevindingen van de Onderzoeksraad. Het komt voor, maar voor zover de Raad kon nagaan, niet bij de meerderheid van de ongevallen.

⁸⁰ Zie de brochure *Brandweer Nederland over koolmonoxide*.

⁸¹ Bron: <http://www.express.co.uk/news/uk/517418/Carbon-monoxide-gas-worries-Britons-less-television-breaking>.

Als het voorkomt, gaat het veelal om het verkeerd gebruik van verbrandingstoestellen zoals barbecues, of om onvoldoende ventileren (vooral bij langdurig gebruik van open, afvoerloze geisers).

"Nadat we buiten gebarbecued hadden en terug naar binnen gingen, was het koud in de huiskamer. Mijn vrouw stelde voor om de nog brandende barbecue binnen te zetten. Ik zei dat dit gevaarlijk is, maar dat het wel even kon. Dat bleek dus niet zo." ⁸²

De Onderzoeksraad heeft ook een ongeval onderzocht met een grote stookinstallatie (meer dan 100 kW). Bij dit ongeval heeft de eigenaar/gebruiker er niet voor gezorgd dat de installatie kon worden goedgekeurd bij de wettelijk verplichte keuring bij eerste ingebruikname (EBI). De consequentie was dat de installatie niet werd voorzien van een EBI-rapportage. Deze rapportage moet de relevante gegevens bevatten voor de installateur die later bij storingen of onderhoud aan de installatie werkt.⁸³

Verschillende partijen die de Onderzoeksraad heeft gesproken, hebben gemerkt dat bewoners hun woning isoleren en de ventilatie dichtstoppen. Bewoners zouden dit doen om tocht en kou in de woning te voorkomen en om stookkosten te besparen. De Raad heeft echter geen aanwijzingen dat dit veel voorkomt. Bij één ongeval dat de Raad heeft onderzocht, had een bewoner kieren dichtgezet vanwege strenge vorst. Deze bewoner (huurder) kwam door koolmonoxidevergiftiging om het leven, veroorzaakt door een oude, niet-onderhouden kachel met een te korte rookgasafvoer.

Meerderheid bewoners en eigenaren neemt verantwoordelijkheid

Het is de eigen verantwoordelijkheid van bewoners/eigenaren om zich ervan te vergewissen dat hun installaties veilig zijn en de werkzaamheden daaraan goed zijn uitgevoerd. Het onderzoek naar de ongevallen en de bewonersenquête laten zien dat de meerderheid van de bewoners/eigenaren deze verantwoordelijkheid voor veiligheid neemt: de meeste bewoners/eigenaren laten hun installatie aanleggen door een erkende installateur en laten die vervolgens periodiek onderhouden door een erkende installateur.⁸⁴

Betrokken partijen hebben de Raad laten weten dat ongevallen met koolmonoxide kunnen ontstaan, doordat bewoners/eigenaren weinig of geen onderhoud (laten) plegen of hun verouderde (of open) verbrandingstoestel niet laten vervangen. De Raad is dit niet veel tegengekomen. In het onderzoek naar ongevallen zijn hiervan twee voorbeelden aangetroffen. Bij het ene ongeval was de cv-ketel die de bron was van de vrijgekomen koolmonoxide, gedurende acht jaar niet onderhouden. De bewoners waren zich niet bewust van de noodzaak hiervan. Bij het andere ongeval had een vorige bewoner een kachel geplaatst in een als huurwoning gebruikte berging. Deze werd vervolgens niet onderhouden (noch door de eigenaar, noch door bewoners/huurders).

⁸² Citaat van bewoner uit de enquête bewoners ongevallen koolmonoxide 2012-2014 (Onderzoeksraad voor Veiligheid).

⁸³ Ongeval 5: Ventilatiesysteem en recent onderhouden stookinstallatie (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide omschrijving).

⁸⁴ Onder 'erkende installateurs' verstaat de Raad installateurs die een of meer kwaliteitslabels voeren. Zie verder paragraaf 2.1 en 3.3.

Mogelijkheden bewoners en eigenaren zijn beperkt

De vraag is hoeveel invloed de bewoner/eigenaar daadwerkelijk heeft op het voorkomen van een ongeval met koolmonoxide. Woningcorporaties en GGD's hebben aangekaart dat bewoners soms niet meewerken aan onderhoud en renovatie. Zij laten bijvoorbeeld geen monteurs binnen voor periodiek onderhoud aan hun toestel, omdat zij geen vrij willen nemen van hun werk. Of zij willen de open geisers in hun woning niet laten vervangen door gesloten cv-toestellen, omdat daar een hogere huurprijs aan verbonden is.

De meeste bewoners/eigenaren kunnen niet controleren of hun installatie veilig is, omdat zij daarvoor niet de technische middelen en kennis hebben. Om die reden is het dus van belang dat zij een vakman inhuren. Door het inhuren van een erkende installateur gaan zij ervan uit dat ze een vakman hebben ingeschakeld. Dit moet resulteren in een veilige installatie (zie de analyse van de ongevallen uit de database in paragraaf 2.4 en illustratieve ongevallen 2, 3, 4 en 5 in paragraaf 2.2).

Er is echter een verschil tussen een installateur die tijdens een onderhoudsbeurt alleen het toestel bekijkt en schoonmaakt, en een installateur die de complete installatie inclusief de samenhang met het gebouw controleert op veiligheid. Het is de vraag of dit een kwestie is voor de bewoners/eigenaar als opdrachtgever en/of voor de installateur als vakman. Ook is het de vraag in hoeverre de scope van de onderhoudsbeurt kan worden afgedwongen.

Daarnaast is de mate waarin bewoners invloed kunnen uitoefenen afhankelijk van het type verbrandingsinstallatie en de eigendomsverhouding van het toestel en het gebouw. Zo zijn bewoners van huurwoningen die zelf geen eigenaar zijn van het toestel, afhankelijk van de installateur die de verhuurder inschakelt. Verder zijn de mogelijkheden om te ventileren afhankelijk van de voorzieningen die in het gebouw zijn aangebracht. In sommige gevallen zijn dit geen permanente ventilatievoorzieningen (zoals roosters), maar moet een bewoner actief een raam openzetten als het toestel wordt gebruikt. UNETO-VNI heeft gemerkt dat er een trend is om bij kozijnvervanging en installatie van dubbelglas de ventilatievoorzieningen achterwege te laten, vaak vanwege kosten of onkunde. Vanwege tocht of kou blijven ramen niet permanent geopend. Hierdoor komt er voor open verbrandingstoestellen te weinig verbrandingslucht binnen. Het is dus van belang dat installateurs daarop controleren, als zij een open verbrandingstoestel aanbrenge(n) of onderhouden.

Deelconclusie

Betrokken partijen veronderstellen dat ongevallen vooral ontstaan, doordat bewoners en/of eigenaren zich niet bewust zijn van de gevaren van koolmonoxide. Daarom zouden zij geen periodiek onderhoud laten doen door erkende installateurs en onvoldoende ventileren. Uit het onderzoek van de Raad blijkt echter dat bij de meeste ongevallen met koolmonoxide de bewoners en/of eigenaren wel hun verantwoordelijkheid hadden genomen. Zij hadden de installatie laten aanleggen en periodiek laten onderhouden door een erkend installateur. Verder zijn de mogelijkheden van bewoners en/of eigenaren beperkt. Zo kunnen zij vanwege het ontbreken van ventilatievoorzieningen soms niet goed ventileren. Door hun beperkte technische kennis kunnen zij niet zelf de veiligheid van de installatie beoordelen en zijn zij daarvoor afhankelijk van de deskundigheid van de installateur.

3.2.2 Het belang van het vakmanschap van de installateur

De bewoner/gebruiker of de woningeigenaar/-verhuurder schakelt de installateur in als vakman. Die moet een veilige installatie realiseren door zorgvuldige aanleg en/of goed onderhoud. Het onderzoek naar de illustratieve ongevallen laat echter zien dat het bij een deel van de ongevallen juist de handelingen van de installateur zijn, die het ongeval met koolmonoxide hebben veroorzaakt of niet hebben voorkomen. Ook reacties van bewoners in de enquête over koolmonoxideongevallen bevatten aanwijzingen in die richting.

De Raad heeft onderzocht hoe het komt dat installateurs ongevallen met koolmonoxide veroorzaken of niet voorkomen. Daartoe heeft de Raad onder meer een expertmeeting met installateurs georganiseerd en een enquête⁸⁵ gehouden onder installateurs.

Kennis en inzicht van de installateur

In de illustratieve ongevallen zijn verschillende voorbeelden te vinden van handelingen van installateurs die leidden tot ongevallen met koolmonoxide. Een deel daarvan is terug te voeren op gebrek aan kennis en inzicht. Hier gaat het niet alleen over kennis van de voorschriften, maar ook over inzicht in de mechanismen die een rol spelen bij koolmonoxideongevallen, zowel bij het toestel als de installatie als geheel in samenhang met het gebouw. Daaronder valt ook de ventilatie. De Raad heeft meerdere ongevallen onderzocht, waarbij waarneembaar was dat er onvoldoende mogelijkheden voor ventilatie waren, maar de betrokken installateur daar niet op heeft gereageerd.

Van de respondenten in de enquête onder installateurs blijken er weinig met collega's te overleggen over veiligheidsissues. De installateur realiseert zich daarbij blijkbaar niet dat zijn kennis ontoereikend kan zijn voor een veilige installatie (onbewust onbekwaam) en

⁸⁵ Bijlage A beschrijft de werkwijze en verantwoording van deze expertsessie en de enquête onder installateurs. Bijlage K bevat de resultaten van de enquête. In tegenstelling tot de enquête onder bewoners, kon er bij de enquête onder installateurs geen toets op representativiteit uitgevoerd worden. De uitkomsten geven een goed beeld van wat de respondenten hebben ingevuld. Het is echter niet bekend in hoeverre dit representatief is voor de totale populatie van installateurs.

dat zijn handelingen kunnen leiden tot een ongeval met koolmonoxide. UNETO-VNI heeft in een inzagereactie laten weten dat er in de branche onderscheid is tussen aanleg en onderhoud. De onderhoudsmonteur is anders opgeleid en herkent daardoor geen installatiefouten. NHK (brancheorganisatie voor fabrikanten van kachels en haarden) heeft ervaren dat door de economische crises van 2008 tot 2014 veel bedrijven hun vaste personeel hebben ontslagen en zijn gaan werken met zzp'ers. Deze laten zich veelal niet opleiden door tijdgebrek (tijd is geld) en de kosten van opleidingen.

De volgende passage illustreert hoe installateurs kunnen verschillen van inzicht.

In een appartementencomplex vond in een van de appartementen een koolmonoxideongeval plaats. De ketels in deze appartementen werden collectief vanuit de VvE⁸⁶ onderhouden door de firma X (met meerdere kwaliteitslabels). Vastgoedbeheerder Y (door de VvE ingehuurd voor financieel en technisch beheer) had hiervoor een contract met deze firma. Voorafgaand aan het voorval was al eens gediscussieerd over het ketelonderhoud. Deze discussie volgde uit een voorval waarbij een bewoner een HR cv-toestel wilde aanschaffen. Hij huurde hiervoor zelf een monteur in, maar deze wilde de ketel niet installeren, omdat dit in de bestaande situatie (gecombineerde rookgasafvoer) niet veilig kon. De firma X deelde deze visie niet en vond dat het wel kon. Na het ongeval verloor Y het vertrouwen in firma X en is het contract opgezegd.⁸⁷

Bij het ongeval waarbij twee dodelijke slachtoffers vielen door koolmonoxide afkomstig uit een andere woning, werden de voorschriften voor het realiseren van een robuuste rookgasafvoer niet opgevolgd. In dit geval werden te weinig beugels gebruikt, waardoor de afvoer kon losraken en koolmonoxide in de bovenliggende woningen terecht kon komen.⁸⁸ Ook in de database met ongevallen van de Onderzoeksraad komen veel ongevallen voor waarbij als een van de factoren wordt genoemd dat de rookgasafvoer was losgeraakt. Dat dergelijke ongevallen nog steeds plaatsvinden, kan erop wijzen dat nog niet iedereen inziet dat het losraken van rookgasafvoer tot een ernstig ongeval kan leiden.

Ook weten niet alle installateurs dat verbrandingstoestellen zoals cv's en geisers niet *failsafe* zijn. Dat blijkt uit reacties op een nieuwsbericht over een dodelijk ongeval met koolmonoxide. In reacties op dit nieuwsbericht op de vakwebsite zeggen installateurs dat ze niet begrijpen dat de cv-ketel die 30.000 ppm aan koolmonoxide produceerde, niet 'in vlamfout is gevallen'.⁸⁹

De handleidingen van de fabrikanten bevatten nauwelijks waarschuwingen over de relatie tussen bepaalde storingen, handelingen en koolmonoxide(ongevallen). Wel wordt

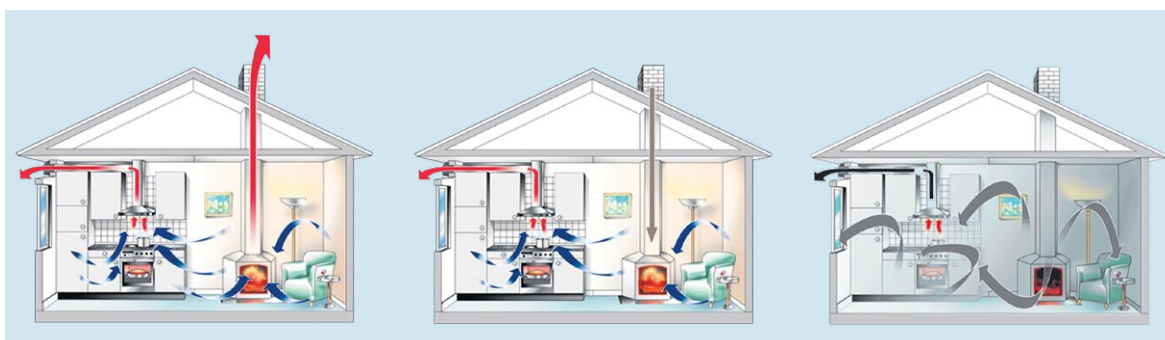
⁸⁶ Een Vereniging van Eigenaren (VvE) is een vereniging van eigenaren van de appartementsrechten van de woningen die tot een appartementencomplex behoren. De VvE regelt onder andere voor het onderhoud van het gehele gebouw en alle andere gemeenschappelijke belangen van de eigenaren.

⁸⁷ Bron: gesprek met vastgoedbeheerder y naar aanleiding van een koolmonoxideongeval in een van de appartementen.

⁸⁸ Ongeval 3: koolmonoxide uit andere woning (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving).

⁸⁹ Bron: website www.installatie.nl (geraadpleegd op 15 april 2015). Er waren meerdere reacties met dezelfde strekking, evenals enkele reacties die onderschreven dat dit wel kan voorkomen.

in de handleidingen aandacht besteed aan de arbeidsveiligheid van de installateur, bijvoorbeeld elektrocutie of verbranding.⁹⁰ Opvallend is dat handleidingen van apparaten die kunnen interfereren met verbrandingsinstallaties (zoals afzuigkappen en wasdrogers), wél uitgebreid ingaan op het mechanisme van koolmonoxideongevallen. Gewaarschuwd wordt dat het levensgevaarlijk is een afzuigkap of wasdroger te gebruiken, als in dezelfde ruimte lucht wordt gebruikt voor verbranding. De afzuigkap mag dan alleen gebruikt worden, als er een raam openstaat. Hierbij wordt een raamschakelaar geadviseerd, zodat de afzuigkap of wasdroger alleen kan worden aangezet, als het raam open is. Ook wordt geadviseerd om een vakman te laten controleren of er voldoende ventilatie mogelijk is in de ruimte. Een en ander is toegelicht met de afbeeldingen in de volgende figuur.



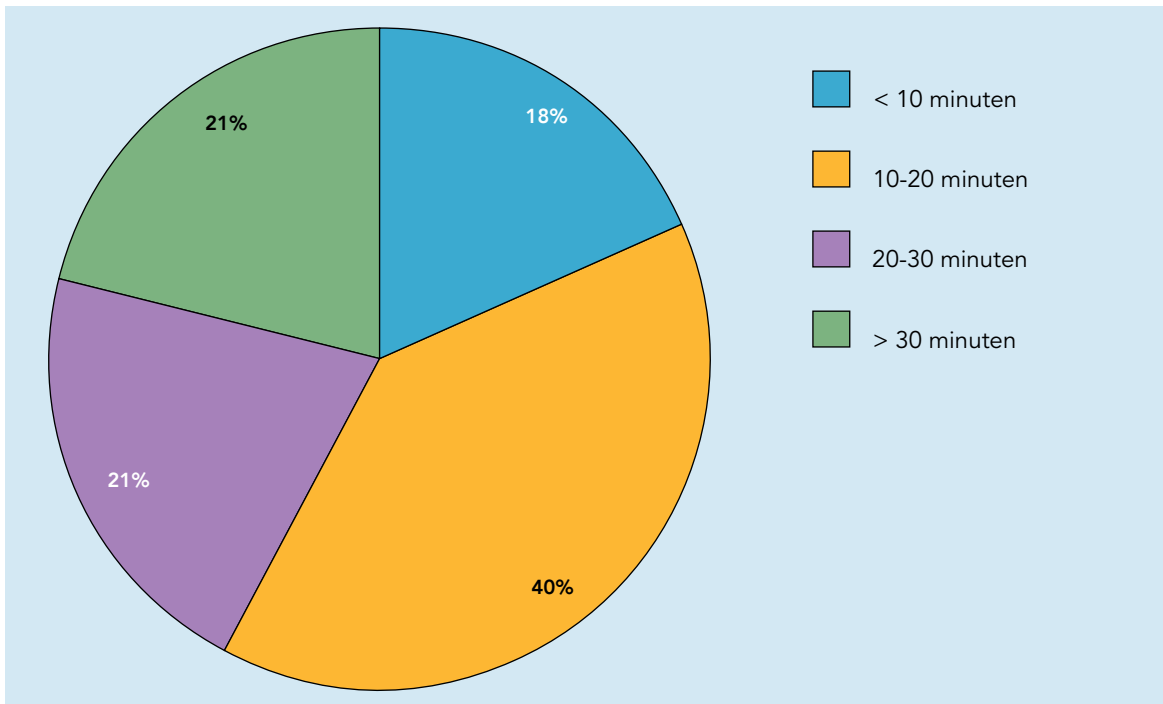
Figuur 18: Afbeeldingen uit een gebruiks- en montagehandleiding voor afzuigkappen. (Bron: Miele)

Shortcuts en symptoombestrijding onder druk

Dat door handelingen van de installateur of het nalaten daarvan een onveilige situatie ontstaat, heeft niet alleen met kennis en inzicht te maken. Dit komt ook door de druk waaraan installateurs soms worden blootgesteld. Zo volgen installateurs onder druk van tijd en geld niet altijd de voorschriften van de fabrikanten op, zo werd bevestigd in de expertsessie. Het komt in de praktijk voor dat een installateur de rookgasafvoer niet vervangt bij het plaatsen van een nieuwe cv-ketel, terwijl de fabrikanten dit wel voorschrijven. Zonder de vervanging kan de installateur namelijk een goedkopere offerte uitbrengen en heeft hij een grotere kans om de opdracht te krijgen.

Voor onderhoudsbeurten wordt niet altijd voldoende tijd ingepland, vanwege druk van de leidinggevende, opdrachtgever of opgelegde druk vanuit de markt. Uit de enquête van de Onderzoeksraad onder bewoners die een koolmonoxideongeval hebben meegemaakt, blijkt dat de duur van de onderhoudsbeurten heel verschillend is. Dit zou kunnen betekenen dat installateurs de onderhoudsbeurten - terecht of onterecht - verschillend invullen. De respondenten geven aan dat meer dan de helft van de onderhoudsbeurten korter duurt dan 20 minuten. Als dit klopt, dan is het de vraag of de installateur binnen die tijd alle noodzakelijke handelingen heeft kunnen verrichten.

⁹⁰ Bron: installatiehandleidingen van actuele typen cv-ketels van de bekendste ketelfabrikanten.



Figuur 19: Tijdsduur laatste onderhoudsbeurt van de cv's, geisers, kachels en haarden waarbij een koolmonoxideongeval plaatsvond. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Niet alleen bij het onderhoud, maar ook bij de aanleg van de installatie worden onder druk voorschriften niet opgevolgd. Dit blijkt uit de gesprekken die de Onderzoeksraad voerde met fabrikanten van rookgasafvoermateriaal. Zij geven aan dat er veel minder beugels worden verkocht dan volgens de voorschriften van de rookgasafvoerbakant moeten worden aangebracht bij het betreffende type afvoer (gebaseerd op het aantal meters verkochte rookgasafvoerleidingen).

Een andere veelgehoorde opmerking van installateurs tijdens de expertsessie en enquête is dat ze 'de klant niet in de kou willen laten zitten'. Dit is in het geval van storingen aan verbrandingsinstallaties letterlijk de situatie waarvoor de installateur zich ziet geplaatst: als deze een storing niet kan oplossen, dan zit de klant zonder warm water en/of verwarming. Daarbij grijpt de installateur soms naar oplossingen die de storing verhelpen (er is dan weer warmte en/of warm water), maar die (onbedoeld) de bewoner in gevaar kunnen brengen. Zo heeft de Raad een incident onderzocht waarbij een gecertificeerd installatiebedrijf bij een cv-ketel de luchttoevoer ontkoppelde om een storing op te kunnen lossen (en deze situatie maanden liet voortbestaan). Een dergelijke ingreep is niet uniek en kan tot een ongeval met koolmonoxide leiden. Dit blijkt uit de volgende citaten uit de enquête onder bewoners die betrokken waren bij koolmonoxide-ongevallen.

“Toevallig diezelfde dag was er een monteur geweest van x [gecertificeerd installatiebedrijf]. Die gast had de luchttoevoer afgesloten en daarna is het gebeurd. Maar de brandweer vertelde mij dat die hele installatie niet deugde en dat er een levensgevaarlijke situatie was. Hierop heb ik een nieuwe cv geëist, maar x wou hier niet in meegaan. Hierop ben ik naar Bouw en Woontoezicht geweest van de gemeente en zij hebben toen contact opgenomen met y [woningcorporatie]. Toen heb ik een nieuwe cv gekregen en is er ook een afvoer gebouwd, want dat was ook niet best.”

“Bewoner heeft bij laatste onderhoud gewezen op de afvoer van de cv-ketel. Er is niet naar gekeken door de installateur.”

“Z [erkend installatiebedrijf] heeft de afvoerpip afgezaagd (zij zouden de volgende dag een cv-ketel plaatsen) waardoor het koolmonoxide rechtstreeks mijn slaapkamer in liep en mij en mijn vier kinderen in gevaar heeft gebracht.”⁹¹

Installateurs ervaren ook de druk van consumenten die zo min mogelijk willen betalen voor een installatie of onderhoudsbeurt. Deze consumenten zoeken op internet naar de laagste prijs voor een verbrandingstoestel en willen ook de laagste prijs voor de installatie daarvan. Installateurs die op een dergelijk verzoek ingaan, staan dan onder druk om te besparen op benodigde materialen en op de tijd die nodig is om de installatie veilig aan te leggen en/of te onderhouden.

Dit beeld werd bevestigd tijdens de expertsessie en door de enquête onder installateurs: installateurs voelen zich onder druk wel eens genoodzaakt om concessies te doen aan de veiligheid. Bijna 50 procent van de respondenten gaf in de enquête aan wel eens te kiezen voor een minder veilige oplossing naar aanleiding van wensen van de klant. Bijna 40 procent van de installateurs voelt wel eens druk van collega's of concurrenten om voor een suboptimale oplossing⁹² te kiezen. Van de installateurs ervaart 65 procent wel eens een spanningsveld tussen zijn dienstverlenende rol en veiligheid. Ruim 50 procent van de respondenten geeft aan wel eens te weinig tijd te hebben om de werkzaamheden goed af te ronden.

Veiligheidsbewustzijn versus dienstverlenende rol

Uit het voorgaande blijkt dat de installateur gefocust is op het toestel. Hij zorgt daarbij vooral dat deze storingsvrij werkt en beschikbaar is voor de gebruiker. Het toestel functioneert echter alleen veilig, als de installatie goed werkt als samenhangend systeem; dus inclusief luchttoevoer, rookgasafvoer en de plaatsing binnen het gebouw. De installateur speelt een cruciale rol bij het uitvoeren van onderhoud en het reageren op storingen en moet daarbij verder kijken dan het toestel alleen (zoals ook al in de vorige paragraaf is beschreven). Bovendien moet hij zich realiseren dat niet alle combinaties van systemen mogelijk zijn en dat een storing of een gebrek kan wijzen op een gevaarlijke situatie waardoor een koolmonoxideongeval kan ontstaan.

⁹¹ Citaten van bewoners uit de enquête van de Onderzoeksraad over koolmonoxideongevallen in de periode 2012-2014.

⁹² Een oplossing die niet aan de eisen van het Bouwbesluit voldoet. Bijvoorbeeld het handhaven van een geiser in een woning waar te weinig ventilatiemogelijkheden zijn.

Afgaande op de rol die installateurs bij sommige ongevallen speelden, lijkt dat besef niet altijd aanwezig te zijn. De installateur is binnen het huidige stelsel (zie paragraaf 3.4) echter de enige professionele partij die de verbrandingsinstallatie en het gebouw tijdens de levensloop nog kan bekijken. Een deskundig installateur zou een gebrek moeten kunnen opvallen, ook al is dit gebrek lang geleden tijdens de bouw ontstaan, door latere wijzigingen in het gebouw of door veranderingen in de omgeving. Het ongeval veroorzaakt door een geiser illustreert hoe belangrijk het is dat installateurs deze rol vervullen. De installateur die de geiser onderhield, deed dat al jaren. Het was hem echter niet opgevallen dat de uitmonding van de rookgasafvoer niet goed was aangelegd. Het gebrek aan de uitmonding was zichtbaar van buitenaf. Verder had de installateur kunnen zien dat de (open afvoergebonden) geiser was opgehangen in een ruimte zonder ventilatie.⁹³

De hiervoor aangehaalde tijdsdruk waaronder de helft van de installateurs wel eens werkt, kan verklaren waarom de installateur enkel naar het toestel kijkt. Het kost nu eenmaal tijd om de complete installatie in samenhang met het gebouw te bekijken, bijvoorbeeld door de ruimte te inspecteren, een 'blik uit het raam te werpen' of het dak te betreden. Dit valt strikt gezien ook niet onder de noemer 'onderhoud', maar onder 'controle'. Het kost echter weinig tijd om de rookgasafvoerleiding in de opstellingsruimte visueel te beoordelen. Dit kan veel ongevallen voorkomen. Deze leiding staat namelijk het meest direct in contact met de rest van de woning en een lekkage op die plek kan tot recirculatie leiden en daarmee tot verhoogde productie van koolmonoxide.

Als er problemen ontstaan, is de meest voorkomende reactie van de installateur om op zoek te gaan naar de oorzaak van de storing en deze te verhelpen. Geen van de respondenten uit de enquête onder installateurs gaf aan het bevoegd gezag in te schakelen, de installatie af te keuren of de gaskraan af te sluiten.⁹⁴ Een enkeling gaf aan in voorkomende gevallen contact op te nemen met de fabrikant.

Deelconclusie

Installateurs spelen een cruciale rol bij het voorkomen van koolmonoxideongevallen. Zij moeten veilige installaties aanleggen, het onderhoud uitvoeren en reageren op storingen. Een deel van de ongevallen ontstaat door het handelen, of het nalaten daarvan, van de installateur. Dit kan komen door een gebrek aan kennis en inzicht, door het onder druk nemen van shortcuts en bestrijden van symptomen en door een gebrek aan veiligheidsbewustzijn. Verder kijken installateurs bij onderhoud doorgaans alleen naar het toestel in plaats van naar de installatie als geheel in samenhang met het gebouw.

⁹³ Ongeval 2: jonge meisjes in badkamer (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide omschrijving).

⁹⁴ Deze bevoegdheid om af te sluiten heeft de installateur ook niet: dit is voorbehouden aan de netbeheerder. Bouw- en woningtoezicht en de brandweer kunnen verder een stookverbod opleggen.

3.3 Borging van de veiligheid door de branche

In deze paragraaf staat hoe de installatiebranche ervoor zorgt dat installaties veilig zijn, zodat koolmonoxideongevallen worden voorkomen. Daarbij wordt ingegaan op de rol van de 'erkende installateur' en zijn betrokkenheid bij deze ongevallen. Ook wordt beschreven waarom dit stelsel van veiligheidsborging vanuit de branche hiaten bevat als het gaat om het voorkomen van koolmonoxideongevallen.

3.3.1 Beschrijving kwaliteitslabels

Er zijn geen wettelijke eisen gesteld aan de kwaliteit waaraan installatiebedrijven en installateurs moeten voldoen, om installatiewerkzaamheden uit te mogen voeren. Elke persoon, al dan niet opgeleid of deskundig, mag in gebouwen installaties aanleggen en onderhouden. Om zichzelf als installateur te kunnen onderscheiden heeft de installatiebranche verschillende kwaliteitslabels in het leven geroepen (zelfregulering): keurmerken, erkenningen en certificeringen. De Raad spreekt van een 'erkende installateur', als de installateur of het installatiebedrijf een of meer van deze kwaliteitslabels voert.⁹⁵ De basis voor deze kwaliteitslabels is vrijwilligheid, uitgezonderd de wettelijk verplichte SCIOS-regeling (zie hierna).

Keurmerken

Een keurmerk is een logo waarmee de fabrikant of dienstverlener een bepaalde kwaliteit van een product of dienst belooft.⁹⁶ Veiligheid is een van de mogelijke kwaliteitsaspecten.

Lid van UNETO-VNI⁹⁷ is een keurmerk. Leden van UNETO-VNI kunnen het logo van hun vereniging gebruiken om hun imago te versterken.⁹⁸ Er gelden basale toelatingseisen voor leden van UNETO-VNI, zoals relevante inschrijving bij de Kamer van Koophandel, het voldoen aan opleidings- of ervaringsvereisten, te goeder naam en faam bekendstaan, het tekenen van de gedragscode en het hanteren van de algemene voorwaarden.

Het keurmerk Kwaliteitsvakman is een initiatief van Zelfstandigen Bouw. Dit is een belangenorganisatie voor zzp'ers in bouw, hout en techniek. Het keurmerk wil consumenten de zekerheid bieden dat ze een vakman in huis halen. Eisen om voor het keurmerk in aanmerking te komen zijn een inschrijving bij de Kamer van Koophandel, minimaal vijf jaar relevante werkervaring of twee jaar werkervaring met een relevant vakdiploma en een bedrijfsaansprakelijkheidsverzekering (AVB). Naast het keurmerk zelf spelen klantbeoordelingen een rol via de website www.kwaliteitsvakman.nl.

Specifiek voor onderhoudsbeurten aan cv-installaties is per 1 januari 2015 het OK CV keurmerk beschikbaar gekomen (ten tijde van de onderzochte ongevallen bestond het keurmerk nog niet). Installatiebedrijven kunnen zich laten kwalificeren om dit keurmerk te mogen voeren. Zij moeten dan erkend (SEI of Sterkin) of gecertificeerd (BRL6000 of

⁹⁵ De verdere analyse is daar waar mogelijk en relevant toegespitst op gastechnisch relevante erkenningen en certificeringen.

⁹⁶ Bron: www.consuwijzer.nl. Geraadpleegd op 2 april 2015.

⁹⁷ UNETO-VNI is de vereniging waarin in 2002 de VNI (Vereniging Nederlandse Installatiebedrijven) en Uneto (Unie van Elektrotechnische ondernemers) zijn opgegaan.

⁹⁸ Bron: <https://www.uneto-vni.nl/voordelen-voor-leden>. Geraadpleegd op 27 mei 2015.

SCIOS) zijn. Ook moeten ze zogenoemde Energie Service Specialisten (ESS)⁹⁹ in dienst hebben, die de werkzaamheden onder het OK CV-keurmerk uitvoeren. De overheid ondersteunt OK CV vooral vanuit een door de EU opgelegde verplichting (EPBD).¹⁰⁰ De Europese verplichting is primair gericht op energiebesparing. Volgens de sector was dit goed te combineren met het bevorderen van de veiligheid. Daarmee is OK CV een kwaliteitslabel geworden voor zuinig én veilig stoken.

Erkenningen

Met een erkenning kan de installateur laten zien dat hij een gediplomeerd vakman is. Er zijn twee concurrerende erkenningsregelingen: SEI (beheerd door KvINL¹⁰¹) en Sterkin. Centraal in beide regelingen staat dat in het installatiebedrijf per filiaal minimaal één persoon bewezen vakbekwaam is in installatietechniek. Deze persoon is ervoor verantwoordelijk dat uitsluitend vakbekwaam personeel de werkzaamheden van het installatiebedrijf uitvoert. Ook moeten de installatiebedrijven de juiste voorschriften, handboeken en apparatuur hebben. Dit wordt gecontroleerd tijdens bedrijfsbezoeken.¹⁰² Een verschil tussen beide regelingen is dat Sterkin ook controles uitvoert op uitgevoerde werkzaamheden van de aangesloten installatiebedrijven, SEI/KvINL doet dit niet.

Certificering

Het doel van certificering voor een bedrijf is aan kunnen tonen dat de werkzaamheden volgens vaste voorschriften en procedures worden uitgevoerd. Voor installatiebedrijven geldt het procescertificaat BRL 6000 KOMO-Instal (voor het ontwerpen en installeren van elektriciteits-, gas- en leidingwaterinstallaties). Met dit certificaat kunnen installateurs aan hun opdrachtgevers en bevoegd gezag (gemeenten) 'bewijzen' dat de installaties voldoen aan de eisen uit het Bouwbesluit.¹⁰³ KvINL beheert deze certificeringsregeling. De eisen in de regeling hebben betrekking op de eigen organisatie en op de werkprocedures.

Naar verwachting wordt per 1 januari 2017 het stelsel van private kwaliteitsborging ingevoerd. Vanaf dan moeten bouw- en installatiebedrijven zelf zorg dragen voor het voldoen aan de eisen uit onder meer het Bouwbesluit. De branche verwacht dat BRL 6000 en de erkenningsregelingen (nadat deze zijn aangevuld met verplichte opleverings- en inbedrijfstellingsrapportages) daarvoor een basis kan vormen.¹⁰⁴

Inspectie- en onderhoudsbedrijven voor grote stookinstallaties (meer dan 100 kW) kunnen zichzelf en hun personeel laten certificeren volgens de *SCIOS-regeling*. Deze regeling wordt beheerd door SCIOS.¹⁰⁵

⁹⁹ Als eis geldt dat de ESS moet beschikken over bepaalde vakdiploma's of een bijscholing gevolgd moet hebben (afgerond met een examen).

¹⁰⁰ Dit is de richtlijn 2010/31/EU over de energieprestatie van gebouwen. EPBD staat voor Energy Performance of Buildings Directive. Met OK CV geeft de overheid invulling aan artikel 14 van deze richtlijn.

¹⁰¹ KvINL staat voor Kwaliteit voor Installaties Nederland. Deze organisatie beheert de erkenningsregeling SEI en de certificeringsregeling BRL 6000.

¹⁰² Sterkin bezoekt volgens haar eigen regeling de bedrijven met een Sterkin-erkenning eens in de vier jaar. De frequentie van de bezoeken aan bedrijven met een SEI-erkenning wordt niet vermeld in de regeling. Volgens KvINL is dit eens in de vijf jaar.

¹⁰³ Bron: www.isso.nl (geraadpleegd op 3 juni 2015).

¹⁰⁴ Bron: *Vruchtbare KvINL-bijeenkomst over de meerwaarde van certificeren*, 2015. Nieuwsbericht op www.kvinl.nl.

¹⁰⁵ SCIOS staat voor Stichting Certificering Onderhoud en Inspectie van Stookinstallaties.

Voor zowel BRL 6000 als SCIOS geldt dat certificaten worden verstrekt door zogenoemde Certificerende Instellingen (CI's). Deze CI's zijn geaccrediteerd door de RvA.¹⁰⁶ Dit betekent dat zowel de beheerders van de regelingen als de Certificerende Instellingen en inspecteurs regelmatig worden gecontroleerd.

Voorlichting

De kwaliteitslabels besteden ook aandacht aan voorlichting aan installateurs. Daarbij is in verschillende mate ook aandacht voor veiligheid.

3.3.2 Kwaliteitslabels beloven veiligheid

De keurmerken, erkenningen en certificeringen in de installatiesector zijn kwaliteitslabels die verwachtingen scheppen. Zowel de uitgevers van de kwaliteitslabels als de bedrijven die de labels voeren, beloven consumenten en andere opdrachtgevers onder meer dat deskundige vakmensen de installatiewerkzaamheden uitvoeren. Dit moet de veiligheid borgen. Dit is terug te zien in onderstaande uitingen.

“Veilige, goed werkende installaties voor elektra, gas, water en/of zonnepanelen? Kies voor kwaliteit. De Sterkin erkende installateur.” (Bron: www.deechteinstallateur.nl. Geraadpleegd op 3 september 2015)

“Voor opdrachtgevers belangrijk, want een kwaliteitslabel schept vertrouwen en geeft zekerheid dat het installatiewerk veilig en deskundig wordt uitgevoerd.” (Bron: www.kvinl.nl. Geraadpleegd op 2 april 2015)

“Wij vinden dat alleen vakbekwame, gediplomeerde installateurs cv-ketels mogen plaatsen en onderhouden. Sinds de afschaffing van de Vestigingswet stelt UNETO-VNI zelf wel vakbekwaamheidseisen aan de aangesloten bedrijven. Helaas kunnen wij niet voorkomen dat niet-leden van UNETO-VNI die niet beschikken over de juiste vakkennis, in de installatiebranche actief zijn. Hier ligt een taak voor de overheid.” (Bron: UNETO-VNI, *UNETO-VNI wil vakbekwaamheidseisen voor installateurs*, 2014)

¹⁰⁶ RvA staat voor Raad van Accreditatie. Deze organisatie verifieert of onder meer certificerende instellingen voldoen aan accreditatienormen.

“Consumenten die een opdracht in of om het huis hebben, willen graag zekerheid over de vakman/vakvrouw die ze inhuren. Daarnaast willen ervaren, deskundige vakmannen/ vakvrouwen zich kunnen onderscheiden van hun minder vakbekwame collega’s. Daarom het belang van een waardevol keurmerk: het Keurmerk Kwaliteitsvakman. De eisen waaraan iedere Kwaliteitsvakman moet voldoen, zijn vastgelegd in overleg met zelfstandige vakmannen/vakvrouwen en consumenten.” (Bron: www.keurmerkkwaliteitsvakman.nl. Geraadpleegd op 2 juli 2015).

Volgens verschillende organisaties kunnen consumenten en opdrachtgevers koolmonoxideongevallen met hun installatie voorkomen door erkende installateurs in te huren. Hierna volgen enkele voorbeelden van dergelijke uitspraken.

“OK CV moet het aantal ongevallen met verwarmingsketels verminderen en cv-installaties tegelijkertijd zuiniger maken.” (Bron: *UNETO-VNI, Kwaliteitslabel voor veilig en energiezuinig stoken*, 2015)

“Het jaarlijks laten controleren van uw geiser, cv-installatie of gaskachel door een erkend installateur is een goede preventieve maatregel. [...] Voor alle gastoestellen geldt: elk jaar onderhoud en een controle door een erkend installateur is van groot belang.” (Bron: *Brandweer, Brandveiligheidsinfo 5, Voorkom koolmonoxidevergiftiging*)

“Vraagje: hoe kan ik aan mijn cv-ketel zien of die veilig is aangesloten? Ja, u zou een CO-meting kunnen laten doen. (Een wat?) Maar waarom zou u dat doen? U moet op een vakman kunnen vertrouwen dat het direct goed gebeurt. Daarom is er nu www.kwaliteitsvakman.nl, de nieuwe website voor klusopdrachten, met alleen streng geselecteerde vakmannen.” (Bron: radiocommercial van www.kwaliteitsvakman.nl. Deze werd vanaf april 2015 uitgezonden op nationale radiozenders. Op www.kwaliteitsvakman.nl staan de vakmannen met het Keurmerk Kwaliteitsvakman)

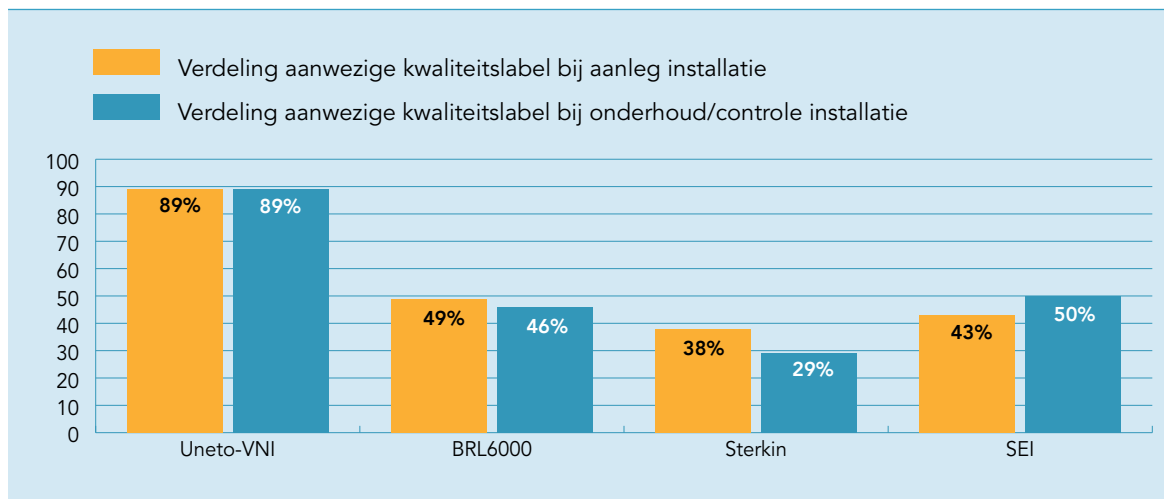
Dit beeld correspondeert ook met de uitkomsten van de enquête die de Onderzoeksraad hield onder installateurs. Bijna alle installateurs (90 procent) geven aan dat de consument het vakmanschap van de installateur kan afleiden uit hun kwaliteitslabels.

3.3.3 Ook erkende installateurs zijn betrokken bij ongevallen met koolmonoxide

Een belofte van de kwaliteitslabels is dat de kans op een ongeval met koolmonoxide klein is, als een erkende installateur de installatie aanlegt en onderhoudt. De vraag is echter of de kwaliteitslabels hun belofte waarmaken in de praktijk.

In een enquête vroeg de Onderzoeksraad aan bewoners die in de periode 2012-2014 een ongeval met koolmonoxide meemaakten, welk installatiebedrijf bij de aanleg en/of het onderhoud van de installatie betrokken was. Bij 44 procent van de ongevallen met cv's, geisers en kachels/haarden was de installateur onbekend.¹⁰⁷ Van de wel bekende installateurs is in de openbare registers opgezocht in hoeverre deze erkend waren (een of meerdere kwaliteitslabel(s) voerden). Daarbij is gezocht op de kwaliteitslabels lid van UNETO-VNI, erkend door SEI of Sterkin en BRL-6000. Hieruit bleek dat bij 88 procent van de ongevallen met cv-ketels, geisers en kachels/haarden waarbij de naam van de installateur bekend was, een erkende installateur de aanleg en/of het onderhoud van de installatie verzorgde. Het gaat zowel om kleine bedrijven als grote bekende namen.

In de volgende figuur is weergegeven om welke kwaliteitslabels het ging, onderscheiden naar aanleg en onderhoud. Overigens voeren sommige installatiebedrijven meerdere kwaliteitslabels.



Figuur 20: Verdeling kwaliteitslabels van de installateurs - voor zover naam bekend - die betrokken waren bij aanleg en/of onderhoud van de installatie van het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Het OK CV-keurmerk bestaat pas sinds 1 januari 2015. De installateurs die bij de ongevallen betrokken waren, konden dat kwaliteitslabel ten tijde van het ongeval niet gevoerd hebben. De Raad is wel nagegaan in welke mate de installateurs die betrokken waren bij de ongevallen, nadien het OK CV-keurmerk voerden. Dat bleek bij drie van de onderzochte ongevallen het geval te zijn.

De vraag is wat de ongevalsbetrokkenheid van de erkende installateur betekent. Bij de ongevallen waarbij deze installatiebedrijven betrokken waren, had de bewoner/eigenaar van de woning zijn verantwoordelijkheid genomen door een erkende installateur in te huren voor de aanleg en/of het onderhoud van zijn installatie. Dat er toch een ongeval plaatsvond, betekent niet bij alle ongevallen dat de erkende installateur handelingen heeft verricht of nagelaten die direct bijdroegen aan het ontstaan van het ongeval. De erkende installateur heeft het ongeval echter niet kunnen voorkomen. Dat een toestel

¹⁰⁷ Bijvoorbeeld omdat de woning net was betrokken, de bron van het koolmonoxide zich in een andere woning bevond, de werkzaamheden werden uitgevoerd in opdracht van de verhuurder, de bewoner zich niet de volledige naam meer kon herinneren, het installatiebedrijf failliet was of om andere redenen niet getraceerd kon worden.

(met rookgasafvoer) door defecten of vervuiling te veel koolmonoxide produceert, kan een installateur niet altijd voorkomen. Toch zou je van een installateur moeten kunnen verwachten dat hij defecten of vervuiling opmerkt tijdens het onderhoud, of ervoor zorgt dat er geen koolmonoxide vrijkomt in de woning (door een deugdelijke aanleg van de rookgasafvoer of het opmerken van een niet-deugdelijke aanleg van de rookgasafvoer).

De ongevalsbetrokkenheid van erkende installateurs (installatiebedrijf met een of meerdere kwaliteitslabels) lijkt hoog. Deze ongevalsbetrokkenheid moet echter worden afgezet tegen het aandeel van de markt dat wordt bestreken door installateurs met een kwaliteitslabel. Dat marktaandeel is niet bekend.

3.3.4 Kwaliteitslabels vertonen hiaten

Het hebben van een kwaliteitslabel kan op zichzelf geen ongevallen voorkomen. Ongevallen worden voorkomen (of kunnen ontstaan), doordat de individuele installateur de installatie op de juiste (of verkeerde manier) aanlegt en/of onderhoudt. Wel kan het kwaliteitslabel door de eisen en de controles die daaraan verbonden zijn, bevorderen dat de individuele installateur een veilige installatie realiseert.

De Onderzoeksraad is nagegaan hoe de kwaliteitslabels de veiligheid van installaties bevorderen. Daartoe zijn onder andere de reglementen en voorschriften¹⁰⁸ van de verschillende kwaliteitslabels geanalyseerd. De Raad heeft daarbij geconstateerd dat deze hiaten bevatten. Hierdoor kunnen de kwaliteitslabels hun belofte niet waarmaken dat ze deskundigheid garanderen en daardoor veilige installaties realiseren (nodig om ongevallen te kunnen voorkomen). Het is verder opvallend dat er veel verschillende kwaliteitslabels zijn voor installateurs. Voor de consument is dit verwarrend.

Kwaliteitslabels zien er niet op toe dat installateurs vakbekwaam zijn

De kwaliteitslabels kennen vergelijkbare eisen op het gebied van de opleiding van installateurs. In de gedragscode van UNETO-VNI staat dat de onderneming voor de uitvoering van de overeenkomst met de consument, alleen personen of bedrijven mag inzetten die over voldoende deskundigheid beschikken. Andere regelingen vereisen dat binnen het installatiebedrijf minimaal één (aantoonbaar) opgeleid persoon werkzaam is; dat wil zeggen iemand die een opleiding tot installateur of een gelijkwaardige opleiding heeft afgerond. Deze persoon is als 'technisch beheerder' ervoor verantwoordelijk dat vakbekwaam personeel de werkzaamheden van het installatiebedrijf uitvoert. Hij moet daar ook op toezien, maar dat is moeilijk bij werkzaamheden die worden uitgevoerd in woningen, buiten het zicht van het installatiebedrijf.¹⁰⁹

De kwaliteitslabels bevatten noch eisen aan of controles van de vakbekwaamheid (dit gaat verder dan het afronden van een initiële opleiding) noch aan de vakbekwaamheid van het overige personeel. Het is dus mogelijk om als installatiebedrijf een kwaliteitslabel

¹⁰⁸ SEI, *EVI 2004 Erkenningsregeling voor installateurs*, 2004. Sterkin, *REG 2008 Regeling voor de erkenning van gastechnische installateurs*, 2014. ISSO, *BRL 6000-00 Ontwerpen, installeren en beheren van installaties*, 2013. ISSO, *BRL 6000-16 Onderhoud en beheer van gasverbrandingstoestellen <130kW*, 2008. Stichting OK voor Installaties, *Licentieregeling voor OK CV aanbieders*, 2014. Kwaliteitsvakman, www.kwaliteitsvakman.nl en www.keurmerkkwaliteitsvakman.nl.

¹⁰⁹ De constructie dat één functionaris vakbekwaam moet zijn en toezicht houdt op de werkzaamheden van anderen, komt ook voor in andere branches, zoals die van accountants, advocaten, apothekers en medisch specialisten.

te hebben, terwijl slechts een van de werknemers is opgeleid als installateur en de rest niet. Uitzondering hierop is OK CV. De OK CV-licentieregeling eist dat alle installateurs die werkzaamheden verrichten volgens het OK CV, opgeleid zijn als Energie Service Specialist (ESS). Dat wil zeggen dat ze bepaalde vakdiploma's hebben of een bijscholing hebben gevolgd.¹¹⁰ In hun inzagecommentaar wijst UNETO-VNI er overigens op dat er in de branche qua vakbekwaamheid een onderscheid wordt gemaakt tussen aanleg en onderhoud. Een onderhoudsmonteur heeft vooral verstand van het toestel, niet van de rest van de installatie (zie ook paragraaf 3.2).

Kwaliteitslabels eisen niet wat de installateur minimaal moet doen

Om de veiligheid van installaties te kunnen borgen en zo ongevallen te voorkomen, moet de installateur niet alleen aan het toestel werken, maar de gehele installatie in samenhang met het gebouw beschouwen. De Raad had dan ook verwacht dat de kwaliteitslabels zouden voorschrijven waar de installateur in ieder geval naar moet kijken om de veiligheid van de installatie te borgen. Bijvoorbeeld door een rookgasmeting uit te voeren en de rookgasafvoer en de uitmonding visueel te inspecteren. Ook verwacht de Raad dat kwaliteitslabels in de praktijk controleren of hieraan wordt voldaan. Op BRL 6000 en OK CV na stellen de kwaliteitslabels echter geen eisen aan de werkzaamheden van de installateur. Bij OK CV en BRL 6000 (deel onderhoud) is de scope van het kwaliteitslabel beperkt tot het toestel.

Niet of nauwelijks toezicht op het uitgevoerde werk vanuit kwaliteitslabel

Toezicht op uitgevoerde werkzaamheden kan meerdere doelen dienen. Voor de beheerders van de kwaliteitslabels kan het inzicht verschaffen in hoe het gesteld is met de kwaliteit van de aangesloten installatiebedrijven. Daar kan dan eventueel actie op ondernomen worden. Het toezicht kan ook de basis vormen voor belonende of sanctionerende maatregelen gericht op de aangesloten bedrijven. Dit zou een prikkel vormen om de kwaliteit van de uitgevoerde werkzaamheden te verhogen. Aangezien toezichthoudende activiteiten nagenoeg achterwege blijven, speelt het kwaliteitslabel echter een beperkte rol bij het zelflerende vermogen van de sector.¹¹¹

Uit gesprekken met beheerders van kwaliteitslabels constateert de Onderzoeksraad dat gestreefd wordt naar beperking van de kosten, zodat het kwaliteitslabel betaalbaar blijft voor de deelnemende installatiebedrijven. Dit is zeker van belang voor de installatiesector, waar kwaliteitslabels vrijwillig zijn en bedrijven met kwaliteitslabels moeten concurreren met bedrijven zonder kwaliteitslabel. Bovendien zijn er concurrerende kwaliteitslabels. Juist de toezichthoudende activiteiten zijn tijdrovend en een kostbare aangelegenheid voor de beheerders van de labels. Hiervoor moeten ze namelijk gekwalificeerd personeel inzetten.

¹¹⁰ In 2015 zijn bedrijven die willen deelnemen aan het OK CV-keurmerk, vrijgesteld van de opleidingseisen, mits zij een bewijs voor inschrijving voor een opleiding kunnen overleggen.

¹¹¹ Zelfstandigen Bouw laat in haar inzagereactie weten: 'Keurmerk Kwaliteitsvakman is geen toezichthouder. Vanuit het Keurmerk vinden geen periodieke inspecties plaats. Ook is het niet het doel van het Keurmerk om haar aangesloten keurmerkhouders voor te schrijven hoe zij hun werk dienen uit te voeren. Daar hebben wij de technische deskundigheid niet voor. Wel ondersteunen wij vakmensen bij het uitdragen van hun kwaliteit, garantie en service in de communicatie naar hun (potentiële) klanten en ondersteunen wij consumenten bij het vinden van een betrouwbare vakman. Voorlichting is een onderwerp dat wij serieus nemen.'

De beheerders van de kwaliteitslabels houden geen toezicht op de uitgevoerde werkzaamheden, met uitzondering van Sterkin en OK CV: Sterkin controleert per bedrijf eens per vier jaar een aangelegde of gerenoveerde installatie. Bij OK CV wordt een op de 2.000 onderhoudsbeurten geïnspecteerd. KvINL heeft het voornemen om wel toezicht te gaan houden op uitgevoerde werkzaamheden.

Uit onderzoek naar de ongevallen blijkt dat installateurs onveilige handelingen uitvoeren die tot een ongeval kunnen leiden. Ook is het de vraag in hoeverre de technisch beheerders van installatiebedrijven toelaten dat werkzaamheden worden uitgevoerd door medewerkers die niet vakbekwaam zijn. Zonder toezichthoudende activiteiten blijft dit allemaal buiten het zicht van de beheerders van de kwaliteitslabels.

Sancties ontbreken

De kwaliteitslabels hebben daarnaast geen systeem waarmee ze sancties kunnen verbinden aan onveilige handelingen, incidenten en ongevallen.¹¹² Wel worden er klachten geregistreerd. Als over een bedrijf meerdere klachten binnenkomen, kan dit tot een sanctie leiden. KvINL geeft aan weinig klachten te ontvangen en heeft daardoor de indruk dat de kwaliteit van de werkzaamheden behoorlijk is. Het is volgens de Raad echter ook mogelijk dat problemen voor de consument niet merkbaar en kenbaar zijn en/of dat de consument de weg naar de beheerder van het kwaliteitslabel niet weet te vinden (zo is de klachtenregeling van KvINL niet te vinden op hun webpagina voor consumenten).

Beheerders van de kwaliteitslabels zijn voor informatie afhankelijk van derden. De ernstige ongevallen komen wel in de openbaarheid, maar dan is niet altijd bekend welke installateur betrokken was en wat de relatie was met zijn handelingen. Uit gesprekken blijkt dat de beheerders van de kwaliteitslabels behoefte hebben aan inzicht in de oorzaken van de ongevallen en de mogelijke betrokkenheid van een erkende installateur. Zij geven aan dat deze informatie niet voorhanden is, bijvoorbeeld omdat politie en brandweer terughoudend zijn in het verstrekken van gegevens over het betrokken installatiebedrijf.

¹¹² Sterkin voert wel kwaliteitsinspecties uit. Dit heeft in 2015 geleid tot drie schorsingen en uiteindelijk doorhalingen van erkende installateurs. De namen van deze installateurs werden ook vermeld op de website.

Deelconclusie

Er zijn geen wettelijke eisen om te mogen werken als installateur. Wel geeft de branche kwaliteitslabels af. In de praktijk blijkt dat bij een substantieel deel van de onderzochte ongevallen een erkende installateur (een installateur met een kwaliteitslabel vanuit de branche) betrokken was. De gedachte achter deze kwaliteitslabels is dat inhuren van een erkend installateur (een installateur met een keurmerk, erkenning of certificaat als kwaliteitslabel) de kans op een ongeval met koolmonoxide verlaagt. De inrichting van het systeem van kwaliteitslabels bevat echter hiaten als het gaat om het voorkomen van ongevallen. Zo zien de houders van de kwaliteitslabels niet toe op vakbekwaamheid maar op opleiding. Ook hoeft er volgens de meeste kwaliteitslabels maar één persoon in het bedrijf opgeleid te zijn. Daarnaast is er bij de meeste kwaliteitslabels geen toezicht op de uitgevoerde werkzaamheden van de installateur. Zonder toezicht op werkzaamheden kunnen onveilige handelingen niet leiden tot sancties zoals het intrekken van het kwaliteitslabel.

3.4 Beleid, regelgeving en toezicht vanuit de overheid

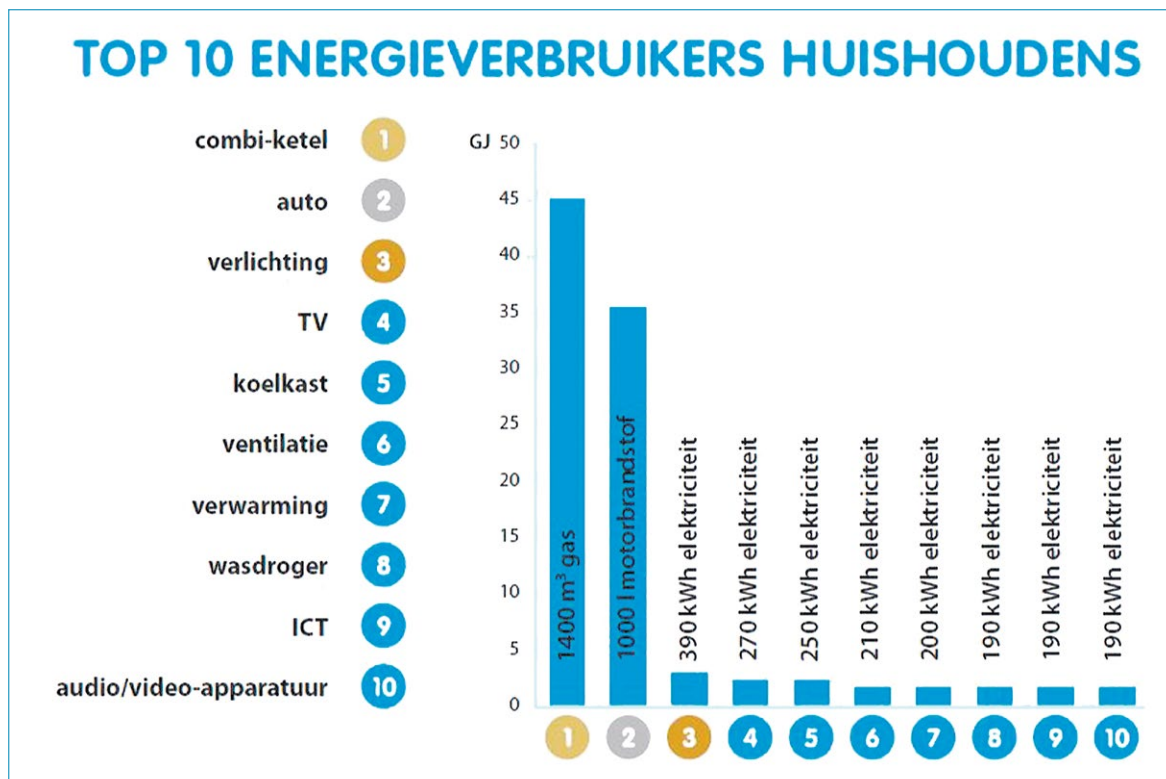
Deze paragraaf gaat in op de rol die de overheid speelt bij koolmonoxideongevallen. De overheid is niet de eerst verantwoordelijke partij, maar wel medeverantwoordelijk voor het stelsel waarbinnen de ongevallen met koolmonoxide plaatsvinden. Daarnaast kan de overheid randvoorwaarden scheppen die nodig zijn om koolmonoxideongevallen te voorkomen. Het is verder de rol van de overheid om toe te zien op de veiligheid en om, als dat nodig is, in te grijpen. De belangrijkste verantwoordelijke ministers zijn de minister van Wonen en Rijksdienst (veiligheid van gebouwen inclusief installaties) en de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (veiligheid van producten zoals gastoestellen en koolmonoxidemelders). Er zijn verder verschillende publieke toezichthouders die er op kunnen toezien hoe de verantwoordelijke partijen de wet- en regelgeving naleven. Dit zijn onder andere de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) en de gemeentelijke afdelingen Bouw- en Woningtoezicht (BWT).

Gas belangrijkste energiebron voor huishoudens

Dat huishoudens op gas stoken, is geen individuele keuze maar een gevolg van stimulering door de overheid. Sinds begin jaren 60 wordt in Nederland op grote schaal aardgas gewonnen en is ruim 90% van de Nederlandse huishoudens hierop aangesloten, voor koken, warmwater en/of verwarming.¹¹³ In Nederland heeft zo'n 85 procent van de huishoudens centrale verwarming op aardgas. Combiketels (voor verwarming en warmwater) zijn de grootste energieverbruikers in huishoudens. Naar verwachting zullen in de toekomst ontwikkelingen plaatsvinden die het risico op koolmonoxideongevallen kunnen doen toenemen. Zo is een verbod op VR-ketels afgekondigd. Bij vervanging van

¹¹³ CBS, *De Nederlandse aardgaswinning*, 2010.

deze ketels door HR-ketels, dient de gehele installatie te worden herzien. Verder is de verwachting dat de gaskwaliteit in de toekomst nog zal wijzigen, waarop verbrandings-toestellen moeten worden aangepast. Zie bijlage L.



Figuur 21: Top 10 energieverbruikers huishouden. (Bron: ECN)

Toezicht als basis voor beleid

De minister van Wonen en Rijksdienst (tot 2010 de minister van VROM) formuleert het beleid dat koolmonoxideongevallen moet voorkomen. Het directoraat-generaal Wonen valt onder het ministerie van BZK. Het beleid sluit echter niet volledig aan op de problematiek, doordat registratie en analyse van koolmonoxideongevallen gedeels ontbreekt.

De minister van Wonen en Rijksdienst (en daarvoor de minister van VROM) heeft naast infobladen voor consumenten en particuliere woningeigenaren¹¹⁴ twee keer een handreiking uitgebracht. Hierin schetst hij de problematiek en mogelijke oplossingen.¹¹⁵ Doelgroep van deze handreiking zijn woningverhuurders, voornamelijk de woningcorporaties. In de handreikingen staat dat koolmonoxideongevallen vooral worden veroorzaakt door open verbrandingstoestellen. De handreiking en bijbehorende afspraken met koepels van woningverhuurders zijn er dan ook op gericht om deze open verbrandingstoestellen te vervangen door veiligere toestellen en daarmee uit te faseren. Dit is een vrijwillige uitfasering voor eigen rekening van de woningeigenaar; de handreiking gaat niet gepaard met dwang of financiële stimuleringsmaatregelen.

¹¹⁴ Dit zijn het Infoblad VROM Vervang geisers, gaskachels en verwarmingsketels en voorkom hiermee koolmonoxidevergiftiging (2009) en het Infoblad VROM De afvoerloze geiser kan uw gezondheid schaden (2008).

¹¹⁵ Ministerie van BZK, *Handreiking vervanging open-verbrandingstoestellen*, 2014; Ministerie van VROM, *Handreiking Vervanging openverbrandingstoestellen voor corporaties en andere professionele verhuurders*, 2009.

De minister heeft in de Tweede Kamer benoemd dat het aantal open verbrandingsstoestellen afneemt en hij verwacht dat de koolmonoxideproblematiek daarmee zal verminderen: 'Uit het onderzoek volgt een continue afname van het aantal open verbrandingstoestellen in Nederlandse woningen. Bij gelijke voortzetting van deze afname zullen er over circa tien jaar geen open verbrandingstoestellen meer zijn.'¹¹⁶ De Onderzoeksraad heeft echter twee aanwijzingen dat dit minder voorspoedig verloopt dan wordt geschetst. De cijfers waarnaar de minister verwijst, geven de indruk dat de uitfasering niet gestaag doorgaat, maar eerder stagneert (de grafiek gaat niet naar nul maar buigt af naar een horizontale lijn).¹¹⁷ Deze stagnatie kan verklaard worden doordat de meest welwillende en vermogende woningeigenaren en bewoners hun open verbrandingstoestellen inmiddels hebben vervangen. Wat overblijft zijn de woningen waarbij vervanging om allerlei redenen moeizamer of niet tot stand komt. Uit de Kamerbrieven ontstaat bovendien het beeld dat de minister ervan uitgaat dat ongevallen zich vooral met open verbrandingstoestellen voordoen. De vervanging van deze toestellen door gesloten cv-ketels moet de mogelijkheid van een koolmonoxideongeval wegnemen. Uit het onderzoek van de Onderzoeksraad blijkt echter dat de kans op een ongeval voor een cv-ketel weliswaar lager is dan voor een geiser, maar dat de meerderheid van de bij de Raad bekende ongevallen plaatsvindt met cv-ketels. Ook is het aandeel gesloten toestellen in de ongevallen (circa 35 procent) significant.

Toezicht op installateurs

Er zijn geen wettelijke eisen waaraan een installatiebedrijf of installateur moet voldoen, voordat het of hij in Nederland installatiewerkzaamheden mag uitvoeren.¹¹⁸ Nederland wijkt hiermee af van de ons omringende landen, waar erkenningen verplicht zijn (zie later in deze paragraaf en bijlage M).

In het verleden was dit in Nederland anders.¹¹⁹ In 2007 is de Vestigingswet afgeschaft. Deze wet bevatte eisen waaraan ondernemers in onder andere de installatiesector moesten voldoen om in aanmerking te komen voor een Vestigingsvergunning. Zonder deze vergunning mocht een bedrijf niet opereren. Installateurs moesten aantoonbaar voldoen aan de eisen van de erkenningsregeling van de gasbedrijven (onder andere een vakbekwaamheidsdiploma). De Vestigingswet is onder meer vervallen, omdat alleen toegezien werd op naleving van de eisen bij startende ondernemers. Vervolgens was er geen garantie dat er ook na de start nog aan de eisen werd voldaan.¹²⁰ Naast de Vestigingswet was er ook een eis vanuit de aansluitvoorwaarden van de gasbedrijven dat slechts erkende installateurs aan gasinstallaties mochten werken.

¹¹⁶ Kamerstukken II 2012-2013, 32 757, nr. 77.

¹¹⁷ De Haas & Partners, *Cijfers voortgang uitfasering open verbrandingstoestellen*, 2013. In dit rapport wordt een rechte lijn getekend door de jaarlijkse waarden voor het aandeel woningen met verschillende soorten toestellen (grafiek 9). De laatste twee à drie jaar komen de waarden echter boven de rechte lijn uit. Dit wijst erop dat de afname niet naar nul gaat maar asymptotisch verloopt naar een waarde daarboven.

¹¹⁸ Er gelden wel wettelijke eisen voor de te verrichten werkzaamheden. Zo geldt de zorgplicht uit de Woningwet voor installatiebedrijven en installateurs en het strafrecht geldt als schade en/of letsel wordt veroorzaakt. Op het resultaat van de (installatie)werkzaamheden is het Bouwbesluit van toepassing.

¹¹⁹ Zie bijlage L voor een beschrijving van de historische ontwikkelingen.

¹²⁰ Bron: <http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2007/05/09/vestigingswet-wordt-ingetrokken.html>.

Toezicht op installaties

Nederland is het enige land in vergelijking met de ons omringende landen waar geen verplichte periodieke keuring van installaties plaatsvindt (zie ook later in deze paragraaf en bijlage M). Tot 1996 werden installaties in woningen geïnspecteerd, als de woning van bewoner en/of eigenaar wisselde. Het toenmalige gasbedrijf voerde deze inspecties uit als voorwaarde om weer op het gas te mogen worden aangesloten. De overheid heeft in 1996 een scheiding aangebracht tussen de verkoop en de distributie van gas. De consequentie was dat netbeheerders de aansluitvoorwaarden hebben aangepast. Dit betekende dat er geen inspecties van installaties in woningen meer zouden komen als voorwaarde voor de aansluiting van gas. Met het afschaffen van deze inspecties verdween een kwaliteitsprikkel voor de installateur en een controlemoment op installaties. De inspecteur van het gasbedrijf fungeerde namelijk niet alleen als toezichthouder, maar ook als vraagbaak, docent en mentor voor installateurs. De inspecteur zorgde daarmee voor een prikkel die installateurs stimuleerde om zich te verbeteren. Een dergelijke prikkel is in de huidige praktijk nagenoeg afwezig (zie ook paragraaf 3.3 over borging door de branche).

De gemeente Utrecht heeft op eigen initiatief besloten om bewoners een gratis en vrijwillige inspectie op hun woninginstallatie aan te bieden.

Gemeente Utrecht biedt bewoners gratis APK voor gas en elektra aan

De gemeente Utrecht heeft in juli 2015 de pilot 'Veilige Gezonde Woning' gestart. In mei werden hiervoor 100 gratis installatiechecks aangeboden, zogeheten APK's voor woningen. Tijdens de controles zal worden gekeken naar de gasinstallatie (gasleidingen en alle apparaten die daarop zijn aangesloten zoals cv-ketel, geiser, gasfornuis, gaskachel, en boiler), elektrische installatie (de meterkast, leidingen, stopcontacten, en lichtsckakelaars) en het ventilatiesysteem (indien aanwezig). Controle op de rookgasafvoer en reguliere ventilatie worden niet genoemd. Deelnemers krijgen een rapport en bij mogelijke gebreken een vrijblijvende offerte voor het herstel, waarbij ze eventueel gebruik kunnen maken van een duurzaamheidslening. Ook ontvangen de bewoners de Veiligheidsbox, met daarin onder meer een dubbele doorvoerstekker met schakelaar, een rook- en koolmonoxide-melder, led-lamp en een instructieboekje met tips over veiligheid en energie. Voor de pilot werkt de gemeente samen met UNETO-VNI en het Energiepunt Wonen. De pilot loopt tot december 2015 en zal dan worden geëvalueerd. (Bron: <http://www.utrecht.nl/nieuws/artikel/gemeente-utrecht-biedt-220-bewoners-gratis-apk-voor-gas-en-elektra-aan/> 11 juni 2015)

Gebouwen (inclusief de daarin aanwezige installaties) moeten voldoen aan het Bouwbesluit. De gemeentelijke afdelingen Bouw- en Woningtoezicht (BWT) houden toezicht op de naleving van het Bouwbesluit. Daarmee zijn de inspecties van installaties van woningen feitelijk verschoven van de netbeheerders naar BWT. De nadruk ligt daarbij echter op nieuwbouwsituaties en renovatie. BWT houdt nauwelijks toezicht op de naleving van het Bouwbesluit bij installaties in bestaande gebouwen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de afdelingen BWT voornamelijk worden gefinancierd uit leges.

Deze moeten worden afgedragen bij het aanvragen van een vergunning om iets te mogen (ver)bouwen. De bekostiging van de werkzaamheden op bestaande bouw worden niet uit deze leges gefinancierd en moeten uit andere middelen komen.¹²¹

Voor zover de afdelingen BWT wel naar bestaande bouw kijken, ligt de focus op risicovolle gebouwen en/of gebouwen met kwetsbare bewoners, zoals ziekenhuizen en andere instellingen. Ook richten ze zich eerder op brandveiligheid en constructieve veiligheid dan op de veiligheid van installaties. Dit heeft ook te maken met de specialistische aard van installatietechniek: medewerkers van afdelingen BWT zijn eerder generalisten.¹²²

Wat verder meespeelt, is dat de afdelingen BWT te maken hebben met de aanstaande overgang naar private kwaliteitsborging in de bouw. Hierdoor gaat hun rol als toezichthouder veranderen. De gedachte achter de private kwaliteitsborging is dat bedrijven zelf ervoor zorgen en gaan aantonen dat zij voldoen aan de eisen uit onder meer het Bouwbesluit. Private kwaliteitsborging is echter toegespitst op het toetsen van plannen voor nieuwbouw en renovatie; het vervangen van een verbrandingsinstallatie valt bijvoorbeeld niet onder renovatie. Het borgen dat installaties in bestaande bouw blijvend aan de veiligheidseisen voldoen, blijft dus vallen onder het reguliere toezicht van BWT.

Belangrijk is dat afdelingen BWT voldoende diepgaande kennis van installaties hebben om gevaarlijke situaties te kunnen signaleren. Volgens de branchevereniging BWT ontbreekt het bij deze afdelingen veelal hieraan. Verder is van belang dat bewoners, eigenaren of installateurs de weg naar de afdeling BWT weten te vinden. Uit de enquête onder en gesprekken met installateurs blijkt dat de meeste installateurs niet weten dat zij bij de afdeling BWT een gevaarlijke situatie in een woning kunnen melden. Vervolgens is het van belang dat de afdeling BWT ook iets met deze meldingen doet. De database met koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad bevat een klein aantal voorbeelden van ongevallen waar betrokkenen de afdeling BWT hebben benaderd. Dit heeft bij een enkel ongeval geleid tot het wegnemen van een onveilige situatie naar aanleiding van een ongeval, bij andere ongevallen heeft BWT geen actie ondernomen.

Het tweedelijnstoezicht op gebouwen (inclusief installaties) was vroeger belegd bij de VROM-inspectie. Deze VROM-inspectie heeft in 2008 een rapport uitgebracht naar aanleiding van een dodelijk koolmonoxideongeval in een appartementencomplex in 2007.¹²³ Ook heeft de VROM-Inspectie in 2010 een landelijk inspectiesignaal afgegeven over het doorroesten van rookgasafvoer naar aanleiding van een inspectie.¹²⁴ In 2012 is de VROM-inspectie samengevoegd met de Inspectie Verkeer en Waterstaat en heet nu de Inspectie Leefomgeving en Transport. Hierbij is het tweedelijnstoezicht op Bouw- en Woningtoezicht verplaatst van het rijksniveau naar de provincies. Het tweedelijnstoezicht heeft daarmee een ander accent gekregen: sober en doelgericht, naar eigen inzicht van de provincie en met meer nadruk op verantwoording van processen in plaats van op

¹²¹ Ecorys en Senze, *Onderzoek alternatieven voor financiering omgevingsvergunningen en toezicht, activiteit bouwen*, in opdracht van het ministerie van BZK, Vereniging BWT en VNG, 2014.

¹²² Bron: Vereniging BWT.

¹²³ VROM-Inspectie, *Onderzoek naar aanleiding van koolmonoxidevergiftiging Onderzoek naar de bouwtechnische aspecten in relatie tot het ongeval in gemeente Gilze en Rijen*, 2008.

¹²⁴ VROM-Inspectie, *VROM-Inspectie waarschuwt voor doorgeroeste rookgasafvoeren*, 2010.

inhoud. Nu het tweedelijnsstoezicht gedecentraliseerd is, is het moeilijker om een landelijk signaal af te geven, zoals naar aanleiding van het dodelijke koolmonoxideongeval in 2007 is gebeurd.

Toezicht op gastoestellen

In de meeste woningen in Nederland wordt gebruik gemaakt van een verbrandings-toestel dat op gas werkt. Deze gastoestellen moeten voldoen aan het Warenwetbesluit gastoestellen. De minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport is verantwoordelijk voor deze wet- en regelgeving. De CE-markering van de gastoestellenrichtlijn moet vermeld staan op alle gastoestellen die worden aangesloten op gasflessen of het gasnet. Fabrikanten mogen deze CE-markering alleen aanbrengen, na een typekeuring door een keuringsinstantie die de overheid van een EU-lidstaat heeft aangewezen. Importeurs van gastoestellen moeten erop toezien dat het product dat zij invoeren, aan alle eisen voldoet. Dus ook of het product een typekeuring heeft ondergaan. Voor gastoestellen zijn ruim veertig instanties aangewezen als keuringsinstantie. Fabrikanten kunnen zelf kiezen bij welke aangewezen instantie zij de typegoedkeuring laten uitvoeren. Met de CE-markering geeft de producent aan dat het product aan de Europese veiligheids- en gezondheidseisen voldoet.¹²⁵ De NVWA doet eventueel onderzoek naar de naleving van het Warenwetbesluit gastoestellen op basis van klachten en ongevallen. De NVWA kan echter alleen optreden, als de fabrikant de eisen aan het toestel niet naleeft. Zij heeft dus geen invloed als handelingen van de installateur, bewoner of eigenaar tot het ongeval hebben geleid.

Stelsel in Nederland in vergelijking met omliggende landen

Eerder in dit rapport is een aantal keren aangestipt dat er hiaten zitten in het stelsel dat in Nederland moet waarborgen dat installateurs veilige installaties aanleggen en onderhouden. Dit valt zeker op als dit stelsel wordt vergeleken met de situatie in omliggende landen.

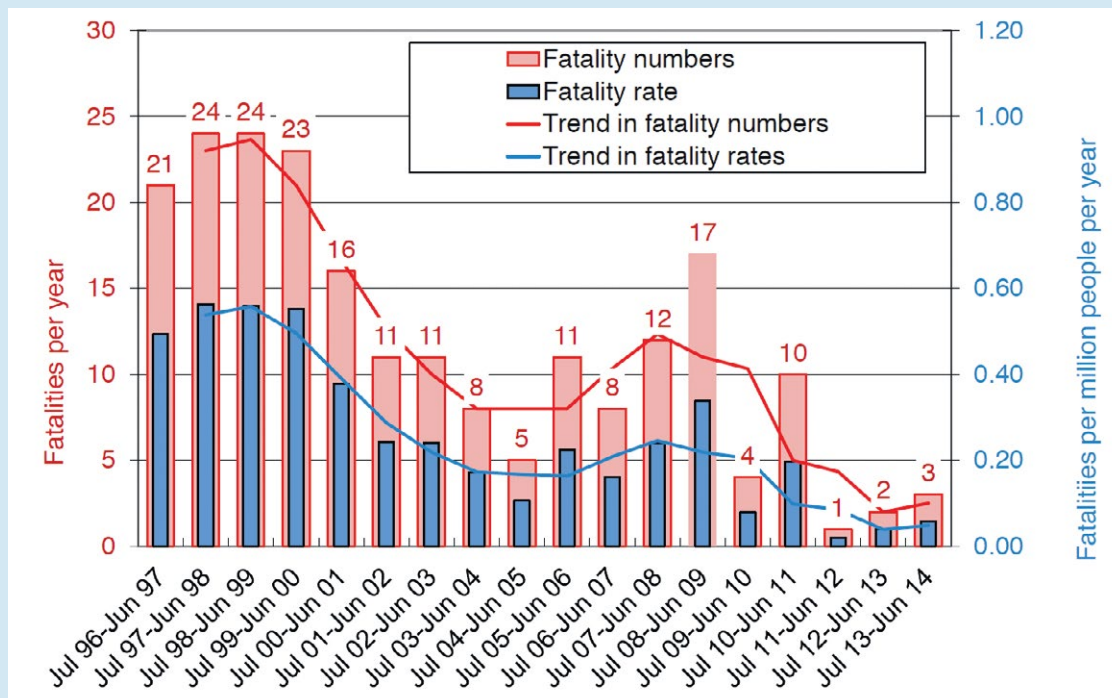
Zo kunnen en moeten bewoners en eigenaren in Groot-Brittannië controleren of hun installateur geregistreerd is als Gas Engineer. Iedere installateur moet in persoon beschikken over een Gas Safe-opleiding. De geregistreeerde Gas Engineer is persoonlijk verantwoordelijk voor het toestel waaraan hij heeft gewerkt. Bovendien kan hij of zijn bedrijf uit het register worden geschrapt, als bij een ongeval of inspectie wordt geconstateerd dat de Gas Engineer een onveilig toestel heeft achtergelaten.

¹²⁵ Bron: <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/consumentenartikelen/dossier/gastoestellen/ce-markering-op-gastoestellen> (geraadpleegd op 17 juni 2015).

Figuur 22: Website Gas Safe Register. Via deze website kunnen opdrachtgevers controleren of een installateur geregistreerd is. (Bron: Gas Safe Register)¹²⁶

Groot-Brittannië als best practice

In Groot-Brittannië is het aantal dodelijke slachtoffers door koolmonoxideongevallen met gastoestellen in dertig jaar tijd teruggebracht van ruim honderd doden per jaar naar enkele doden per jaar.



Figuur 23: Dodelijke slachtoffers van koolmonoxideongevallen in Groot-Brittannië.¹²⁷

126 Installateurs en installatiebedrijven zijn wettelijk verplicht om zich te laten registreren in de Gas Safe Register. De Gas Safe Register heeft een wettelijke grondslag en wordt uitgevoerd door een privaat bedrijf.

127 Gas Safety Trust, A Detailed Review of Carbon Monoxide Incident Information for 2013/14 - Produced from the investigation of domestic incidents which involved mains natural gas and piped LPG in Great Britain, including an assessment of incidents involving solid fuel and oil appliances 2015.

De Gas Safety Trust is een organisatie die onderzoek naar koolmonoxideongevallen financiert en kennis bundelt over ongevallen en achterliggende factoren. Volgens deze organisatie is de substantiële veiligheidsverbetering mogelijk geweest door de volgende succesfactoren:

- verbeterde techniek;
- inspectie van toestellen bij de overgang van stadsgas naar aardgas;
- geisers zijn verwijderd uit bad- en slaapkamers;
- installateurs zijn rookgasanalyseapparatuur gaan gebruiken, zodat ze zeker weten dat toestellen veilig verbranden;
- er worden steeds meer koolmonoxidemelders gebruikt, onder andere dankzij actieve verspreiding door British Gas.

Daarnaast ondersteunen beleid en wetgeving deze ontwikkeling:

- Alle verhuurders zijn verplicht ieder jaar hun gasinstallatie te laten inspecteren.
- Er is een stimuleringsprogramma dat aanspoort om oude cv-ketels te vervangen door moderne energiezuinige ketels.
- De overheid is wettelijk verplicht om alle koolmonoxideongevallen te onderzoeken, waardoor zij inzicht heeft in de belangrijkste risico's (op dit moment zijn dat barbecues in tenten in Groot-Brittannië) en de effectiviteit van maatregelen.

Het is interessant om de praktijk in Nederland te vergelijken met die in landen om ons heen. De volgende tabel maakt inzichtelijk dat het Nederlandse stelsel hiaten vertoont en sterk verschilt van de ons omringende landen.

Aspect	Verplichte registratie	Keuring installaties	Installateurs	Toezicht
Nederland	Geen	Alleen > 100 kW	Erkenning niet verplicht	Geen
Duitsland	Ongevallen en gebreken	Oplevering, revisie, vervanging	Erkenning verplicht	Netbeheerder/schoorsteenveger
België	Ongevallen	Periodiek onderhoud	Erkenning voor gasaansluiting	Netbeheerder
Groot-Brittannië	Ongevallen en gebreken¹²⁸	Jaarlijkse keuring en onderhoud verplicht in huurwoningen	Erkenning verplicht	HSE, Gas Safe Register
Denemarken	Onbekend	Verplicht onderhoud per 1-2 jaar	Erkenning verplicht	Netbeheerder

Tabel 3: Het Nederlandse stelsel voor de veiligheid van installaties in vergelijking met de ons omringende landen

¹²⁸ Alleen in Groot-Brittannië is er een verplichte registratie van ongevallen gekoppeld aan een technisch onderzoek op locatie van het incident. Ook is de registratie gekoppeld aan een 'coroner' (lijkschouwer) die alle sterfgevallen onderzoekt van burgers die niet onder medische behandeling staan. Die bepaalt dus of er een incident is.

Deelconclusie

In de meeste woningen zijn verbrandingsinstallaties aanwezig, voornamelijk op gas. De toekomstige ontwikkelingen kunnen leiden tot een groter risico op koolmonoxide-ongevallen. Er zitten hiaten in het Nederlandse stelsel dat bewoners moet beschermen tegen koolmonoxideongevallen. Er zijn in Nederland minder waarborgen voor de veiligheid van installaties dan in omliggende landen: geen ongevalsregistratie, geen keuringen van installaties, geen verplichte erkenning van installateurs, nauwelijks toezicht. De overheid kan meer doen om bewoners te beschermen tegen de gevaren die verbrandingsinstallaties in woningen met zich meebrengen.

3.5 Detectie en diagnosticering

De barrières die vrijkomen van koolmonoxide moeten voorkomen, kunnen dus falen. Op dat moment moet het ongeval op tijd worden herkend, zodat maatregelen kunnen worden genomen om verdere blootstelling te verhinderen en de gevolgen van de blootstelling zo veel als mogelijk te beperken. Een complicerende factor daarbij is dat mensen zonder apparatuur niet kunnen waarnemen wanneer koolmonoxide vrijkomt. Ook bij gezondheidsklachten en zelfs bij overlijden wordt niet altijd de relatie gelegd met blootstelling aan koolmonoxide. Tijdige herkenning van een koolmonoxideongeval is dus lastig en niet vanzelfsprekend.

De aanwezigheid van koolmonoxide kan worden opgemerkt met behulp van een koolmonoxidemelder of -meter (detectie) of naar aanleiding van symptomen van koolmonoxidevergiftiging (diagnosticering). In deze paragraaf wordt ingegaan op detectie door koolmonoxidemelders. Zowel de betrouwbaarheid als de effectiviteit van de melder zelf komen daarbij aan bod, evenals het gebruik ervan in de praktijk. Ook beschrijft deze paragraaf de detectie en diagnosticering van koolmonoxideongevallen door hulp- en zorgverleners. De hulp- en zorgverlening zelf komt niet aan bod in dit onderzoek.

3.5.1 Koolmonoxidemelders niet altijd betrouwbaar

Koolmonoxidemelders moeten de gebruiker waarschuwen, als er een verhoogde concentratie koolmonoxide is in een ruimte. Voor koolmonoxidemelders geldt de Europese norm EN 50291.¹²⁹ Deze is in 2006 gepubliceerd, maar niet verplicht.¹³⁰ Volgens deze norm mag de melder *niet* reageren op concentraties lager dan 30 ppm gedurende twee uur en *moet* de melder bij hogere concentraties niet te vroeg, maar ook niet te laat reageren, afhankelijk van de concentratie.¹³¹

¹²⁹ 'Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen'. De versie van de norm is afhankelijk van de datum van het onderzoek (België en UK: EN 50291:2001, Prosafe EN 50291-1:2010/A1:2012). Voor de hier gepresenteerde criteria en resultaten is de versie van de norm niet relevant.

¹³⁰ Kerkhoff, R.L.H. et al., *GGD-richtlijn medische milieukunde: koolmonoxide in woon- en verblijfsruimten*, RIVM-rapport 609330006/2008, 2008.

¹³¹ Voor meer informatie zie bijlage J.

In afgelopen jaren zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar koolmonoxidemelders. Hierin is onder meer onderzocht of de melders voldoen aan criteria uit de Europese norm EN 50291. Hierna zijn enkele bevindingen samengevat uit een Belgisch¹³², Brits¹³³ en Europees onderzoek (Prosafe¹³⁴), met deelname van de Nederlandse NVWA. Een aantal melders is na het Prosafe onderzoek van de markt gehaald in Nederland.

Technische prestaties

In de onderzoeken zijn de melders getest op activatie bij een bepaalde concentratie koolmonoxide. De norm EN 50291 geeft criteria voor het moment van activatie. De prestaties zijn samengevat in tabel 4 op de volgende pagina.

Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat er melders op de markt zijn (of waren: naar aanleiding van deze onderzoeken zijn sommige melders van de markt gehaald), die niet op het juiste moment activeren. In zowel België als Groot-Brittannië zijn eerder tests uitgevoerd. In beide landen zijn de resultaten van de hierna gepresenteerde onderzoeken significant beter dan de resultaten van de oudere onderzoeken. In geen van de onderzoeken is getest wat de levensduur is van de sensor in de koolmonoxidemelder.

Niet-technische prestaties

In het Belgische onderzoek is naast technische prestaties van de melders ook getoetst aan een aantal administratieve criteria uit EN 50291. De resultaten (inclusief het technische resultaat) zijn samengevat in tabel 4 op de volgende pagina. Hierbij is ook aangegeven hoeveel melders op hun verpakking norm EN 50291 vermelden, terwijl de melder al dan niet aan deze norm voldoen. Overigens mogen producenten geen CE-markering aanbrengen op grond van EN 50291. Dat mag alleen als voor een bepaalde productgroep of eis een CE-markering wordt voorgeschreven in een Europese richtlijn (bijvoorbeeld elektrische veiligheid).

¹³² FOD Economie, Campagne CO-detectoren, België (tests CO-detectoren), 2009.

¹³³ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

¹³⁴ Product Safety Forum of Europe, *Final Technical Report, CO and Smoke Detectors*, 2015. Een deel van dit onderzoek is uitgevoerd door de NVWA. De minister van VWS heeft daarover op 10 juli 2015 gerapporteerd aan de Tweede Kamer (Kamerstukken II 2014-2015, 32793 nr. 197).

Technische prestaties

Onderzoek	Aantal geteste melders	Selectie melders	Resultaten ¹³⁵					
			30 ppm	50 ppm	100 ppm	300 ppm	5000 ppm	50 ppm, na blootstelling aan 5000 ppm
Eis voor moment van activatie			Geen of na 120 min.	Tussen 60 en 90 min.	Tussen 10 en 40 min.	Tussen 0 en 3 min.	Tussen 0 en 3 min.	Tussen 60 en 90 min.
België (2009)	11	Batterijgevoede melders, beschikbaar op Belgische markt	Niet bepaald	Faalt: 5/11 Voldoet: 6/11	Faalt: 2/11 Voldoet: 9/11	Faalt: 4/11 Voldoet: 7/11	Faalt: 0/11 Voldoet: 11/11	Faalt: 8/11 Voldoet: 3/11
UK (2011)	97 (17 modellen)	Uit een representatieve steekproef van woningen verwijderde CO-melders ¹³⁷	Niet bepaald	Niet bepaald	Niet bepaald	Faalt: 1/97 Voldoet: 96/97	Niet bepaald	Niet bepaald
Prosafe (2015)	25 (20 modellen, van elk model zijn 3 exemplaren getest)	Onbetrouwbaar ogende ¹³⁸ batterij- en netgevoede melders, beschikbaar op Europese markt ¹³⁹	Faalt: 10/25 Voldoet: 15/25				Niet bepaald	Faalt: 15/25 Voldoet: 10/25

Niet-technische prestaties

Onderzoek	Aantal geteste melders	Selectie melders	Resultaten					
			Volledigheid etiket	Inhoud gebruiksaanwijzing	Gebruiksaanwijzing in taal van het marktland	Technisch volgens EN 50291	Administratief volledig volgens EN 50291	Technisch en administratief volgens EN 50291
België (2009)	11	Batterijgevoede melders, beschikbaar op Belgische markt	Faalt: 6/11 Voldoet: 5/11	Faalt: 5/11 Voldoet: 6/11	Faalt: 6/11 Voldoet: 5/11	Faalt: 9/11 (waarvan er 6 op etiket EN 50291 vermelden) Voldoet: 2/11	Faalt: 8/11 (waarvan er 5 op etiket EN 50291 vermelden) Voldoet: 3/11	Faalt: 9/11 (waarvan er 6 op etiket EN 50291 vermelden) Voldoet: 2/11

Tabel 4: Resultaten van verschillende onderzoeken naar de prestaties van koolmonoxidemelders gerelateerd aan de Europese norm EN 50291

¹³⁵ In het Belgische onderzoek en in het Prosafe-onderzoek is een te snelle activatie hier als 'Voldoet' gepresenteerd (strikt volgens de norm zou het resultaat 'Faalt' moeten zijn).

¹³⁶ Ter vereenvoudiging zijn hier enkel de resultaten van tests bij kamertemperatuur en normale luchtvochtigheid gegeven. Resultaten van test bij hoge temperatuur en luchtvochtigheid zijn uitgevoerd, maar hier niet gepresenteerd (de orde grootte ervan verschilt weinig van die onder normale omstandigheden).

¹³⁷ Enkel melders met werkende batterijen en een werkende testknop zijn getest.

¹³⁸ Doel van het onderzoek was het opsporen van onveilige melders; de geteste melders zijn hierdoor waarschijnlijk niet representatief voor de totale voorraad melders op de Europese markt.

¹³⁹ De melders zijn afkomstig uit Oostenrijk, Duitsland, Ierland, Litouwen, Nederland en Slovenië en varieerden in prijs tussen € 8,- en € 160,-.

3.5.2 Verkeerd gebruik van de melder vermindert de effectiviteit

Aanschaf en aanwezigheid koolmonoxidemelders

In naar schatting 5 procent van alle woningen in Nederland is een koolmonoxidemelder aanwezig (20 procent in woningen met een open verbrandingstoestel).¹⁴⁰ Volgens de geïnterviewde leveranciers is het aantal koolmonoxidemelders dat in Nederlandse woningen aanwezig is, klein in vergelijking met het aantal rookmelders. Dit komt onder meer doordat rookmelders wel en koolmonoxidemelders niet worden voorgeschreven in het Bouwbesluit. Ongeveer 70 procent van de woningen in Nederland heeft een rookmelder.¹⁴¹

Koolmonoxidemelders in Groot-Brittannië

In een Brits onderzoeksrapport wordt geschat dat 20 procent van de woningen daar van een koolmonoxidemelder is voorzien, nadat er meerdere jaren in voorlichtingscampagnes aandacht aan is besteed.¹⁴² In Groot-Brittannië is het inmiddels gebruikelijk dat verhuurders van woningen een koolmonoxidemelder laten installeren. Vanaf oktober 2015 wordt dit naar verwachting verplicht.

Leveranciers hebben in interviews aangegeven dat zij vinden dat er nog altijd te weinig aandacht is voor de gevaren van koolmonoxide. Daardoor is er ook te weinig aandacht voor de noodzaak om koolmonoxidemelders te plaatsen. Leveranciers signaleren dat er telkens na een ongeval een korte piek te zien is in de media-aandacht - en als gevolg daarvan in de verkoop van koolmonoxidemelders. Die aandacht ebt echter ook snel weer weg. Recent (november 2014) was een aantal melders tijdelijk uitverkocht bij een webwinkel voor brandpreventie. Aanleiding hiervoor was vermoedelijk de tv-uitzending van 'Dit is de Dag Onderzoek' over koolmonoxideongevallen en de daaropvolgende aandacht van andere (social) media.

Plaatsing

Voor de optimale locatie van koolmonoxidemelders in een woning bestaan verschillende eisen, die soms lastig uitvoerbaar en niet altijd verenigbaar zijn. Een knelpunt dat verschillende betrokken partijen noemden, is dat verschillende leveranciers uiteenlopende adviezen geven over de plaatsing. Voor de consument is dat verwarrend, nog los van of deze überhaupt kennisneemt van de adviezen.

Uit een Britse evaluatie bleek een kwart van de onderzochte melders bij consumenten thuis onjuist geplaatst te zijn; vooral op de verkeerde hoogte, of te ver van potentiële bronnen van koolmonoxide.¹⁴³ Noch de geïnterviewde leveranciers noch de branche-

¹⁴⁰ TU Delft, *Cijfers voortgang uitfasering open verbrandingstoestellen*, 2013.

¹⁴¹ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders; Kamerbrief BZK, *Toezeggingen bouwregelgeving en brandveiligheid*, 2013. Kamerstuk II 32757 nr. 77.

¹⁴² Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011

¹⁴³ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

vereniging VEBON-NOVB hebben informatie over de praktijk van plaatsing bij de consument thuis. Veelal staan zij niet in direct contact met de consument, maar leveren ze aan de groothandel, installateurs, bouwmarkten en internetwinkels. De leveranciers die zijn geïnterviewd, verwachten dat het in het algemeen goed gaat als de melder wordt geplaatst door een installateur, veelal in opdracht van een woningbouwvereniging. De VEBON-NOVB heeft hierbij echter twijfels, omdat zij een laag algemeen kwaliteitsniveau ervaart in de installatiebranche.

Er komen weinig vragen van consumenten bij de leveranciers terecht. Als die echter komen, gaan ze meestal over de plaatsing, soms zelfs geïllustreerd met foto's van de situatie in de woning.

De Onderzoeksraad heeft gemerkt dat er bewoners, installateurs en andere betrokkenen zijn die ten onrechte denken dat koolmonoxide zwaarder is dan lucht en dat om die reden de koolmonoxidemelder laag bij de grond moet worden bevestigd. Ook bij een van de ongevallen die de Onderzoeksraad onderzocht, had de bewoner de melder op circa 30 cm hoogte ten opzichte van de vloer gehangen. Dit is echter niet de manier waarop voorgeschreven wordt koolmonoxidemelders te plaatsen. De melder ging overigens wel af. Er is ook niet één beste locatie te noemen voor een koolmonoxidemelder, omdat de hoogte van de concentratie koolmonoxide mede afhankelijk is van tijdelijke lokale omstandigheden qua luchtstromingen.

Lezen gebruiksaanwijzing

De meeste leveranciers met wie de Onderzoeksraad heeft gesproken, nemen aan dat het overgrote deel van de consumenten de uitgebreide gebruiksaanwijzingen niet of nauwelijks leest. 'Bij boekjes met kleine letters haken mensen af.'¹⁴⁴ Als dat zo is, dan zijn de meeste consumenten niet op de hoogte van de belangrijke aanwijzingen over de optimale plaatsing, het belang van het testen van de batterij en de acties die bij een alarm moeten worden ondernomen.

Testen

In een Britse evaluatie van melders bij consumenten thuis bleek dat in zes van de honderd geteste melders de batterijen leeg waren.¹⁴⁵ Het testen wordt volgens dit onderzoek vaak vergeten door de consument; de meeste consumenten testen slechts eenmaal per jaar.¹⁴⁶ Overigens test men met de testknop uitsluitend de stroomvoorziening, en niet de werking van de sensor. Er zijn - in ieder geval in Groot-Brittannië- testkits in de handel waarmee ook de sensor te testen is.¹⁴⁷ Het is volgens leveranciers echter zeer onwaarschijnlijk dat consumenten deze aanschaffen en gebruiken.

Respons op alarm

Leveranciers die willen voldoen aan de vrijwillige norm EN 50291, moeten consumenten aanwijzingen geven over de acties die moeten worden ondernomen in geval van een

¹⁴⁴ Interviews en schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

¹⁴⁵ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

¹⁴⁶ Clifford, P.K., *Evaluating the performance of residential CO alarms*, Gas Research Institute, USA, 2002.

¹⁴⁷ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

alarm. De leveranciers en de branche geven echter aan dat consumenten vaak de neiging hebben precies het verkeerde te doen bij een koolmonoxidealarm, omdat koolmonoxide niet te zien, te ruiken of te voelen is. Consumenten zouden hierdoor de neiging hebben 'geïrriteerd' op een alarm te reageren. Ze zouden zich onvoldoende bewust zijn van het belang om snel en adequaat in actie te komen: ramen openen, verbrandingsapparatuur uitschakelen en de woning verlaten. De reactie is dan tegengesteld: op onderzoek gaan in het huis, in plaats van het huis te verlaten. Ook leidt de 'onzichtbaarheid' van het probleem frequent tot het negeren van het alarm, zo blijkt uit een enquête in de Verenigde Staten. Daaruit bleek dat 62 procent van de consumenten een alarm van een koolmonoxidemelder negeert.¹⁴⁸ Hierbij moet worden opgemerkt dat het in de Amerikaanse situatie van de jaren 90 ging om koolmonoxidemelders met een type sensoren dat vaker een 'vals alarm' gaf dan de huidige melders. Bovendien zijn de koolmonoxidemelders als gevolg van de huidige normering (EN 50291) zodanig afgesteld dat zij geen alarm mogen geven bij een concentratie lager dan 30 ppm.

De Onderzoeksraad heeft zoals eerder vermeld in het kader van dit onderzoek een de vragenlijst gestuurd aan bewoners die een koolmonoxideongeval hadden meegemaakt. In die vragenlijst is ook gevraagd hoe de bewoner handelde in reactie op het alarm van de koolmonoxidemelder. Bij 33 procent van de onderzochte ongevallen hadden de bewoners de ramen en deuren geopend, bij 30 procent van de ongevallen waren de personen naar buiten gegaan en bij 17 procent van de ongevallen was het toestel uitgezet (men kon op deze vraag overigens meerdere antwoorden geven).

Innovatie koolmonoxidemelders

Er zijn verschillende innovaties op het gebied van koolmonoxidemelders. Zo zijn er melders die in een digitaal display continu aangeven welke concentratie koolmonoxide er wordt gemeten, ook wanneer dit nog onder het niveau is waarbij de melder af mag gaan. Deze waarden kunnen worden gelogd en later worden teruggekeken. Ook zijn er melders die gekoppeld kunnen worden aan elkaar, een centrale en de mobiele telefoon van de gebruiker. Verder zijn er melders die gekoppeld kunnen worden aan het verbrandingstoestel, zodat deze afgeschakeld wordt wanneer er nabij het toestel koolmonoxide wordt gedetecteerd.

Kanttekening bij deze innovaties is dat koolmonoxideongevallen op verschillende manieren kunnen plaatsvinden. Zo komt koolmonoxide niet altijd vrij in de buurt van het toestel. Ook kan er koolmonoxide van elders de eigen woning binnenkomen (bijvoorbeeld in gestapelde bouw). Bij de keuze voor en plaatsing van een melder moet dus altijd gekeken worden naar wat in een specifieke situatie de meest risicovolle scenario's zijn en of de melder deze afdekt.

¹⁴⁸ Clifford, P.K., *Evaluating the performance of residential CO alarms*, Gas Research Institute, USA, 2002.

3.5.3 Effectiviteit van koolmonoxidemelders in de praktijk

Koolmonoxidemelders effectief in detecteren koolmonoxideongevallen

Als de koolmonoxidemelders werken, dan zijn zij effectief in het detecteren van koolmonoxideongevallen. Van de ongevallen in de database van de Onderzoeksraad is 40 procent door een koolmonoxidemelder gedetecteerd. Ter vergelijking: in naar schatting 5 procent van de woningen is een koolmonoxidemelder aanwezig. Daaruit kan worden afgeleid dat de aanwezigheid van een koolmonoxidemelder de kans vergroot dat een koolmonoxideongeval wordt opgemerkt.

Bij één door de Onderzoeksraad onderzocht ongeval is het koolmonoxide gedetecteerd door een koolmonoxidemelder, waardoor bewoners werden gealarmeerd. Vanwege de gezondheidsklachten waren de bewoners vermoedelijk al langere tijd blootgesteld aan koolmonoxide. Dat de koolmonoxidemelder niet eerder afging kwam vermoedelijk door de ongunstige plaatsing (zie paragraaf 3.5.2).

In een bovenwoning in een grote stad ging een koolmonoxidemelder af. De bewoonster ging met haar kinderen naar buiten en haar man belde de brandweer die een verhoogde concentratie koolmonoxide mat. De maanden voor het ongeval had de bewoonster klachten: hoofdpijn, moe, hartkloppingen, slap voelen en duizelingen. De huisarts diagnosticeerde stress en bloedarmoede. Twee dagen voor het ongeval had de bewoonster hoofdpijn. Haar dochter had de dag voor het ongeval hevige hoofdpijn en de maanden ervoor was ze erg moe. De man en zoons hadden geen klachten.¹⁴⁹

Koolmonoxidemelder gaat soms niet af

Het is gevaarlijk als koolmonoxidemelders aanwezig zijn, maar ten onrechte niet afgaan bij een koolmonoxideongeval. In dat geval zal de kans klein zijn dat bewoners een koolmonoxideongeval opmerken. Zelfs wanneer zij gezondheidsklachten krijgen, zullen zij niet snel de link leggen met koolmonoxide, omdat de koolmonoxidemelder niet afgaat. Uit de database van koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad blijkt dat bij 7 procent van de ongevallen die plaatsvond in een woning met een koolmonoxidemelder, de melder niet was afgegaan. Het is niet bekend of de oorzaak hiervan gelegen is in de betrouwbaarheid van de melder of in verkeerd gebruik of plaatsing van de melder door de bewoner (zie paragraaf 3.5.2).

'Vals alarm' door koolmonoxidemelders

Het omgekeerde gebeurt echter ook: bewoners die ten onrechte de brandweer bellen, omdat ze denken dat er een koolmonoxideongeval plaatsvindt. Het alarm gaat volgens hen dan af, maar de brandweer stelt vervolgens vast dat de koolmonoxidemelder alarmeert omdat de batterijen leeg zijn of dat het einde van de levensduur van de sensor bereikt is. De database van koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad bevat

¹⁴⁹ Uit gesprek van de Onderzoeksraad met bewoner over koolmonoxideongeval dat werd gedetecteerd door toevallig aangeschafte koolmonoxidemelder.

tientallen gevallen waarin de brandweer ter plaatse kwam, maar geen ongeval met koolmonoxide kon vaststellen. In de meeste gevallen was de melder defect of waren de batterijen leeg. Overigens is het ook mogelijk dat er wel een koolmonoxideongeval is geweest, maar dit achteraf niet meer kan worden vastgesteld noch gereproduceerd. Daarnaast waren er gevallen van koolmonoxidemelders die bij een te lage concentratie koolmonoxide of zonder aanleiding afgaan (vals-positieven). Als bewoners verkeerd reageren op lege batterijen en sommige melders onbetrouwbaar zijn, kan dat ertoe leiden dat het draagvlak van koolmonoxidemelders bij bewoners en de brandweer afneemt. Bewoners kunnen er dan voor kiezen de koolmonoxidemelder te verwijderen. Bij de brandweer kan het ertoe leiden dat oproepen naar aanleiding van koolmonoxidemelders minder prioriteit krijgen. Een vergelijkbare discussie vindt plaats over nodeloze meldingen door brandmeldinstallaties.¹⁵⁰

3.5.4 Detectie en diagnosticering door hulp- en zorgverleners

Diagnose van klachten

De ongevallen laten zien dat koolmonoxidevergiftiging vaak leidt tot vage klachten. Met vaag wordt bedoeld dat deze symptomen niet specifiek zijn en daardoor kunnen wijzen op een groot aantal uiteenlopende aandoeningen. Dit bemoeilijkt het stellen van de juiste diagnose, zowel door hulp- en zorgverleners als door bewoners zelf.

Zoals in paragraaf 2.1 al is aangestipt, is er geen eenduidige dosis-effectrelatie bij koolmonoxide.¹⁵¹ Dit openbaart zich bij de koolmonoxideongevallen: de ene bewoner heeft wel klachten en de andere niet. Dit maakt gezondheidsklachten bij koolmonoxideongevallen extra ongrijpbaar.

Hierna volgen enkele passages uit de beschrijving van (illustratieve) ongevallen. Ze vormen een beeld van hoe symptomen in het ene geval over het hoofd worden gezien en in andere gevallen soms bij toeval de blootstelling aan koolmonoxide wordt ontdekt.

¹⁵⁰ Brandweer, *Nodeloze brandmeldingen*.

¹⁵¹ Zie ook bijlage E voor een meer uitgebreide toelichting.

¹⁵² Ongeval 1: Veronderstelde natuurlijke dood (zie paragraaf 2.2 voor uitgebreide beschrijving).

¹⁵³ Bron: onderzoek van de Onderzoeksraad naar koolmonoxideongeval met niet-onderhouden oude gaskachel.

1. De bejaarde man overleed, zijn huisarts constateerde een natuurlijke dood. Een zoon van de man kwam naar de woning vanwege het overlijden van zijn vader. Toen de zoon de dag erna niet verscheen op een afspraak bleek ook hij te zijn overleden. De politiemensen die het overlijden van de vader onderzochten, hadden 's avonds last van hoofdpijn. De opgeroepen politie vermoedde een verhoogde concentratie koolmonoxide.¹⁵²
2. Vorige huurders (en hun gasten) hadden bij gebruik van de kachel klachten die op koolmonoxidevergiftiging wezen. Ze hadden klachten zoals hoofdpijn, misselijkheid en luchtwegproblemen. Een bewoonster was zo loom dat haar moeder ooit eens meer dan 15 minuten had moeten aankloppen en roepen voor ze opendeed. Er werd toen geen verband gelegd tussen deze klachten en koolmonoxide.¹⁵³
3. De vrouw was in december 1994 al eens opgenomen op de intensive care van een ziekenhuis. De artsen veronderstelden bloedvatvernauwing. Ook vrienden die op bezoek kwamen hadden klachten: naast het echtpaar zijn die winter minimaal zes personen in het huis ziek geworden. De vrouw belde haar huisarts, omdat zij en haar man direct een ambulance nodig hadden. Het echtpaar van middelbare leeftijd voelde zich voor de zoveelste keer die winter doodziek. In het ziekenhuis werd koolmonoxidevergiftiging vastgesteld bij het echtpaar en bij hun huisarts die later onwel was geworden en ook in het ziekenhuis was geëindigd.¹⁵⁴
4. Schijnbaar vanuit het niets kreeg de oude maar nog zeer actieve vrouw klachten zoals vermoeidheid, hoofdpijn, misselijkheid en maagklachten. Aanvankelijk werd gedacht aan een griepje, echter ze begon na een paar dagen ook afwijkend en agressief gedrag te vertonen. Daarom werd ze na drie weken op last van de burgemeester uit huis geplaatst en naar een geriatrische afdeling overgebracht. Hier werd voorlopig een psychotische depressie als diagnose gesteld. Omdat het ziektebeeld niet volledig klopte met de diagnose werd een aanvullend onderzoek uitgevoerd. Na ongeveer twee maanden vermoedde de behandelend arts koolmonoxidevergiftiging. Ook een huisvriend was vergiftigd.¹⁵⁵

De crux is om wat hulpverleners de zogenoemde 'niet-pluissituaties' noemen, eruit te filteren. Dit kan verbeteren door zaken vast te leggen in protocollen. Protocollen kunnen echter nooit helemaal voorkomen dat een diagnose van koolmonoxidevergiftiging gemist wordt. Daarnaast zullen mensen altijd zelf blijven oordelen, los van het protocol. Zo zou een ambulancebroeder kunnen denken 'dit is een nieuwbouwwoning, hier zal geen koolmonoxide voorkomen'. Koolmonoxide wordt in de praktijk niet snel geassocieerd met moderne woningen en cv-installaties. Mogelijk speelt hierbij een rol dat koolmonoxidevergiftigingen minder vaak voorkomen dan vroeger.

¹⁵⁴ Ongeval 4: keer op keer ernstig ziek bij harde wind (zie paragraaf 2.2 voor een uitgebreide beschrijving).

¹⁵⁵ Bron: onderzoek van de Onderzoeksraad naar koolmonoxideongeval dat resulteerde in psychotische depressie bij bejaarde bewoner.

In gesprekken met hulpverleners en in medische publicaties zijn wel enkele verbetermogelijkheden genoemd. Het belangrijkste is de bewustwording bij hulpverleners van de mogelijkheid van een koolmonoxidevergiftiging. Deze bewustwording blijkt sterk toe te nemen, als mensen met een ongeval of een ervaringsdeskundige worden geconfronteerd. Verder is laagdrempelige diagnose van belang. Diagnosticeren door middel van bloedonderzoek is niet laagdrempelig; bij de gebruikelijke bloedgasmetingen moet namelijk bloed uit een slagader worden afgenomen. Dit is risicovol en daarom mag alleen een arts dat doen. Er zijn wel andere analysemogelijkheden,¹⁵⁶ maar het is niet bekend hoe effectief die zijn. Ook is niet bekend hoeveel diagnoses er gemist worden, dus wat de noodzaak is voor hulpverleners om vaker op koolmonoxide te controleren. Buitenlands onderzoek bevat wel aanwijzingen dat de meeste diagnoses gemist worden (zie paragraaf 2.5).

Detectie door koolmonoxidemeters

Zeven van de ongevallen in de database van koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad zijn gedetecteerd door draagbare koolmonoxidemeters van hulpverleners. Ook bij de ongevallen die de Onderzoeksraad nader heeft onderzocht, zijn voorbeelden van detectie door koolmonoxidemeters van hulpverleners.

De bewoonster, hartpatiënte, riep vanwege hartklachten een ambulance op. Bij het betreden van de woning ging de draagbare koolmonoxidemeter af die een hulpverlener preventief droeg. Daarna is de brandweer gealarmeerd. Deze mat 350 ppm in de woning, 150 ppm in het trappenhuis en 20 ppm in aangrenzende woningen.¹⁵⁷

Hulp- en zorgverleners, zoals ambulancepersoneel, brandweer, maar ook bijvoorbeeld wijkverpleegkundigen en medewerkers van de kraamzorg, komen tijdens hun werkzaamheden bij mensen thuis. Zij lopen daarbij het risico om ook zelf te worden blootgesteld aan koolmonoxide. Door het dragen van een koolmonoxidemeter kunnen niet alleen zichzelf, maar ook bewoners op tijd gewaarschuwd worden en in veiligheid worden gebracht.

¹⁵⁶ Zogenoemde 'pols-CO-oximeters'.

¹⁵⁷ Bron: onderzoek van Onderzoeksraad naar ongeval dat werd gedetecteerd door draagbare koolmonoxidemeter van ambulancepersoneel.

Deelconclusies

Wanneer het niet gelukt is om het koolmonoxideongeval te voorkomen, komt het aan op een tijdige detectie en/of diagnose om verdere blootstelling te verminderen en adequate hulpverlening mogelijk te maken. Koolmonoxidemelders zijn een effectief hulpmiddel bij het detecteren van koolmonoxideongevallen maar zij zijn niet altijd betrouwbaar in de zin van slecht functionerende sensor, lege batterijen, et cetera. Ook blijken gebruikers de koolmonoxidemelders niet op de juiste manier te gebruiken of niet te weten hoe ze op een alarm moeten reageren.

Zorg- en hulpverleners en bewoners blijken koolmonoxidevergiftigingen niet altijd te herkennen. Soms worden gevallen bij toeval ontdekt, als hulpverleners koolmonoxidemeters dragen.

4 CONCLUSIES

De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt: 'Hoe ontstaan ongevallen met koolmonoxide en hoe komt het dat betrokken partijen deze niet voorkomen?'

Hoofdconclusies

Ongevallen met koolmonoxide vormen een onderschat probleem. In Nederland worden jaarlijks vijf tot tien dodelijke slachtoffers en honderden gewonden geregistreerd als gevolg van een ongeval met koolmonoxide. Niet alle ongevallen worden echter opgemerkt of geregistreerd. Er zijn indicatoren dat de werkelijke aantallen slachtoffers drie tot vijf keer zo hoog liggen.

De meeste koolmonoxideongevallen gebeuren op dit moment met cv-ketels. In mindere mate vinden koolmonoxideongevallen plaats met geisers, die van oudsher een belangrijk aandeel hadden in de ongevallen. De meest voorkomende factoren die de ongevallen veroorzaken, zijn slecht functionerende of verkeerd afgestelde toestellen, problemen met de luchttoevoer en problemen met de rookgasafvoer. Bij de meeste onderzochte ongevallen werd volgens de bewoner periodiek onderhoud verricht door een installateur met een kwaliteitslabel. Als een ongeval met koolmonoxide werd opgemerkt, was er in de meeste gevallen sprake van detectie door een koolmonoxidemelder. Het is niet bekend hoe betrouwbaar deze zijn. Ook hulp- en zorgverleners herkennen een koolmonoxideongeval niet altijd.

Bewoners en/of eigenaren zijn verantwoordelijk voor de veiligheid van installaties in hun woning. Bewoners zijn verantwoordelijk voor een veilige werking en gebruik. Eigenaren dienen zorg te dragen voor de veilige aanleg en onderhoud. Zij zijn hiervoor afhankelijk van professionele partijen zoals fabrikanten en installateurs.

De Onderzoeksraad ziet hiaten in het stelsel dat waarborgen moet bieden voor de levering van veilige producten (verbrandingsinstallaties en koolmonoxidemelders) en de dienstverlening door deskundige installateurs. Nederland loopt daarmee achter ten opzichte van omliggende landen.

Conclusie 1: verbrandingsinstallaties zijn niet failsafe en foolproof

Verbrandingstoestellen zoals cv-ketels en geisers zijn inherent gevaarlijk: er vindt verbranding plaats en bij verbranding komt altijd koolmonoxide vrij. Fabrikanten leveren componenten van de verbrandingsinstallaties waarvan deze toestellen deel uitmaken. Zij voorkomen niet dat de verbrandingstoestellen ongemerkt een gevaar voor bewoners veroorzaken en dat installateurs fouten maken bij aanleg en onderhoud. Ten onrechte wordt niet voorgeschreven dat installaties *failsafe* en *foolproof* moeten zijn en de veiligheid van de componenten van de installatie in samenhang met het gebouw moeten worden gezien.

Verbrandingstoestellen zoals geisers en cv-ketels combineren veelal gas, elektriciteit, water en vuur in één apparaat en staan vaak in woningen. Bij de verbranding komen giftige rookgassen vrij, waaronder koolmonoxide. Daarom zijn verbrandingsinstallaties *inherent gevaarlijk*. Het koolmonoxide dat de installaties produceren, kan in de woning terechtkomen zonder dat dit voor de gebruiker merkbaar is of de installatie zichzelf uitschakelt. Dit betekent dat installaties niet *failsafe* zijn. Er wordt nergens voorgeschreven dat installaties *failsafe* moeten zijn. Fabrikanten kiezen niet uit zichzelf voor een *failsafe* uitvoering, omdat deze kan leiden tot hogere kosten en mogelijk meer storingen. Ook foutief handelen van een installateur en/of gebruiker kan ernstige gevolgen hebben, doordat deze installaties niet *foolproof* zijn. Fabrikanten en installateurs hebben te weinig oog voor de samenhang tussen componenten van de installatie en het gebouw gedurende de volledige levensloop.

Conclusie 2: erkende installateur (kwaliteitslabel) geen garantie voor veilige installatie

Installateurs hebben een veiligheidskritische functie. Een deel van de onderzochte koolmonoxideongevallen ontstond door wat de installateur doet of nalaat te doen. Installateurs, zowel met als zonder kwaliteitslabel van de branche, kijken bij onderhoud doorgaans alleen naar het toestel. De installatie wordt niet als geheel en in samenhang met het gebouw geïnstalleerd en onderhouden.

In de samenleving heerst de gedachte dat ongevallen vooral ontstaan doordat bewoners en/of eigenaren zich niet bewust zijn van de gevaren van koolmonoxide. Daarom zouden zij geen periodiek onderhoud laten uitvoeren door erkende installateurs en onvoldoende ventileren. Uit het onderzoek van de Raad blijkt echter dat in de meeste onderzochte ongevallen met koolmonoxide de bewoners en/of eigenaren wel degelijk hun verantwoordelijkheid hebben genomen. De meeste bewoners en/of eigenaren hebben de aanleg en het periodiek onderhoud van hun installatie uit laten voeren door een erkend installateur. De mogelijkheden van bewoners en/of eigenaren zijn hierin echter beperkt. In de meeste gevallen is hun technische kennis onvoldoende en zijn zij niet in staat om zelf de veiligheid van de installatie te beoordelen. Zij moeten dus kunnen vertrouwen op de deskundigheid van de installateur.

Installateurs spelen een cruciale rol bij het voorkomen van koolmonoxideongevallen. Zij zijn verantwoordelijk voor de aanleg van veilige installaties, het uitvoeren van onderhoud en het verhelpen van storingen. Zij hebben als enige zicht op de borging van de veiligheid van de installatie in de woning. Een deel van de ongevallen ontstond doordat een installateur zijn werk niet goed heeft gedaan. Dit kan komen door een gebrek aan kennis en inzicht. Maar ook doordat een installateur onder druk shortcuts neemt en zich beperkt tot symptoombestrijding. Of door een beperkt veiligheidsbewustzijn. Verder kijken installateurs bij onderhoud doorgaans alleen naar het toestel in plaats van naar de installatie als geheel in samenhang met het gebouw.

Conclusie 3: borging door de branche vertoont hiaten

Kwaliteitslabels voor installateurs die vanuit de branche worden afgegeven, zouden de veiligheid moeten borgen. De systematiek achter deze kwaliteitslabels vertoont hiaten. De mate waarin verschilt per kwaliteitslabel.

In de praktijk blijkt dat bij een substantieel deel van de onderzochte ongevallen een erkende installateur (een installateur met een kwaliteitslabel vanuit de branche) betrokken was. Er zijn geen wettelijke eisen om te mogen werken als installateur. Wel geeft de branche kwaliteitslabels af. De gedachte achter deze kwaliteitslabels is dat inhuren van een erkend installateur (een installateur met een keurmerk, erkenning of certificaat als kwaliteitslabel) de kans op een ongeval met koolmonoxide verlaagt. De inrichting van het systeem van kwaliteitslabels bevat echter hiaten als het gaat om het voorkomen van ongevallen. Zo zien de houders van de kwaliteitslabels niet toe op vakbekwaamheid. Daarnaast hoeft volgens de meeste kwaliteitslabels maar één persoon in het bedrijf opgeleid te zijn. Ook is er bij de meeste kwaliteitslabels geen toezicht op de uitgevoerde werkzaamheden van de installateur. Zonder toezicht op werkzaamheden kunnen onveilige handelingen niet leiden tot sancties, zoals het intrekken van het kwaliteitslabel.

Conclusie 4: overheid kan meer doen om bewoners te beschermen

In de meeste huishoudens zijn verbrandingsinstallaties aanwezig. De toekomstige ontwikkelingen kunnen leiden tot een groter risico op koolmonoxideongevallen. De overheid kan meer doen om bewoners te beschermen tegen de gevaren die dit met zich meebrengt. Het Nederlandse stelsel dat de veiligheid van installaties moet borgen, vertoont hiaten. De veiligheid van installaties in Nederland kent veel minder waarborgen dan in de landen om ons heen.

In veel woningen zijn verbrandingsinstallaties aanwezig, voornamelijk op gas. Toekomstige ontwikkelingen zoals een verbod op VR-ketels of wijzigingen in de gaskwaliteit kunnen zorgen voor een groter risico op koolmonoxideongevallen. De overheid heeft onvoldoende inzicht in de problematiek van koolmonoxideongevallen en houdt nauwelijks toezicht op installaties in bestaande woningen. Er zijn in Nederland veel minder waar-

borgen voor de veiligheid van installaties dan in omliggende landen: geen ongevalsregistratie, geen keuringen van installaties, geen verplichte erkenning van installateurs en geen toezicht.

Conclusie 5: koolmonoxide moeilijk te detecteren en diagnosticeren

Koolmonoxidemelders zijn een effectief hulpmiddel bij het detecteren van koolmonoxideongevallen, maar zijn niet altijd betrouwbaar. Bewoners en hulp- en zorgverleners herkennen niet altijd dat er een koolmonoxideongeval plaatsvindt.

Als het niet gelukt is om een koolmonoxideongeval te voorkomen, komt het aan op een tijdige detectie en/of diagnose om verdere blootstelling te verminderen en adequate hulpverlening mogelijk te maken. Koolmonoxidemelders zijn een effectief hulpmiddel bij het detecteren van koolmonoxideongevallen, maar zij zijn niet altijd betrouwbaar door bijvoorbeeld een slecht functionerende sensor of lege batterijen. Ook blijken gebruikers de koolmonoxidemelders niet op de juiste manier te gebruiken of niet te weten hoe ze op een alarm moeten reageren.

Zorg- en hulpverleners en bewoners blijken koolmonoxidevergiftiging niet altijd te herkennen. Soms worden gevallen bij toeval ontdekt, als hulpverleners koolmonoxidemeters dragen.

5 AANBEVELINGEN

Bewoners/eigenaren dragen zelf een belangrijke verantwoordelijkheid voor de veiligheid van de installatie in hun woningen. Dat veel onderzochte ongevallen plaatsvinden bij bewoners/eigenaren die periodiek onderhoud laten uitvoeren door een installateur met een kwaliteitslabel, laat zien dat het probleem veelal niet bij de bewoner/eigenaar ligt maar bij professionele bedrijven (installateur, fabrikant).

De Onderzoeksraad wijst op de hiaten in het stelsel dat de veiligheid van verbrandingsinstallaties moet waarborgen. Dat geldt zowel voor de borging vanuit de branche als het toezicht vanuit de overheid. Uit gesprekken met branchepartijen blijkt de wil om dit stelsel structureel te verbeteren.

Als betrokken partijen in de branche ziet de Raad onder meer installateurs, fabrikanten van toestellen, toe- en afvoerleidingen, koolmonoxidemelders, hun koepelorganisaties (zoals UNETO-VNI, VfK, NHK, RoGaFa), kwaliteitsborgers (KvINL, Sterkin, Zelfstandigen Bouw, SCIOS, Sfeerverwarmingsgilde) en netbeheerders (via hun koepelorganisatie Netbeheer Nederland).

Gezien het groot aantal betrokken partijen, met ieder hun eigen belangen, en het belang van een integrale aanpak, kan de verantwoordelijkheid niet volledig bij de branche gelegd worden. De Raad meent dan ook dat de overheid de regie in handen moet nemen om zorg te dragen voor een stelsel waarbij de veiligheid van bewoners geborgd wordt. Specifiek ziet de Onderzoeksraad hier een regisserende rol weggelegd voor de minister van Wonen en Rijksdienst (verantwoordelijk voor veilige woningen inclusief installaties) en de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (verantwoordelijk voor veilige producten zoals gastoestellen en koolmonoxidemelders).

De Onderzoeksraad voor Veiligheid beveelt de betrokken ministers aan om de inzichten uit dit rapport te gebruiken om samen met de betrokken partijen te komen tot een integrale aanpak om koolmonoxideongevallen tegen te gaan en een stelsel te realiseren dat de bewoner voldoende waarborgen biedt voor een veilige verbrandingsinstallatie. De Raad doet daarbij de volgende aanbevelingen aan de ministers waarbij de Raad ervan uitgaat dat de uitwerking van deze aanbevelingen plaatsvindt in samenwerking met de hierboven genoemde betrokken partijen.

Aan de minister van Wonen en Rijksdienst en de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport:

1. Stel een wettelijk verplichte uniforme erkenningsregeling in voor alle installateurs die verbrandingsinstallaties aanleggen en/of onderhouden in woningen en andere gebouwen. De vakbekwaamheid van installatiebedrijven inclusief alle individuele installateurs met betrekking tot de gehele verbrandingsinstallatie in samenhang met het gebouw dient met deze regeling geborgd te worden. Deze regeling moet het

vertrouwen van bewoners/eigenaren en andere opdrachtgevers waarmaken door toe te zien op zowel het vakmanschap van de installateur als op het resultaat van diens werkzaamheden, namelijk een veilige installatie.

Opmerking: De Onderzoeksraad heeft overwogen om verplichte opleverkeuringen bij aanleg en periodieke keuringen van de verbrandingsinstallatie aan te bevelen. Gezien de grote praktische implicaties heeft de Raad hier niet voor gekozen. De Raad meent dat met hiervoor genoemde wettelijke regeling het stelsel dat de veiligheid van verbrandingsinstallaties moet waarborgen sterk verbeterd wordt. Mocht echter blijken dat bovengenoemde erkenningsregeling - mede in relatie tot toekomstige ontwikkelingen - onvoldoende borging biedt voor een veilige verbrandingsinstallatie, dienen betrokken partijen alsnog te overwegen om deze keuringen in het stelsel op te nemen.

2. Formuleer wettelijke eisen (eventueel in Europees verband) die ertoe leiden dat verbrandingsinstallaties als geheel *failsafe* en *foolproof* zijn.
3. Maak direct de volledige testresultaten van koolmonoxidemelders openbaar zodat bewoners/eigenaren zelf in staat worden gesteld om een bewuste afweging te maken bij de aanschaf ervan.
4. Formuleer daarnaast wettelijke eisen (eventueel in Europees verband) die ertoe leiden dat de betrouwbaarheid en effectiviteit van koolmonoxidemelders gewaarborgd wordt. Stimuleer vervolgens de toepassing van betrouwbare en effectieve koolmonoxidemelders in woningen en publieke gebouwen.
5. Zorg voor voorlichting over de risico's met betrekking tot koolmonoxide bij bewoners/eigenaren, installateurs en hulpverleners.
6. Monitor de problematiek en de effectiviteit van maatregelen door registratie en onderzoek van koolmonoxideongevallen.

BEGRIPPEN- EN AFKORTINGENLIJST

100 kW	Het is in Nederland verplicht om stookinstallaties met een vermogen van meer dan 100 kilowatt en de gasleidingen met een totaal aansluitvermogen van boven de 100 kilowatt regelmatig te laten keuren. Deze keuringen, of inspecties worden gecoördineerd door de Stichting Certificering Onderhoud en Inspectie van Stookinstallaties (SCIOS). Installateurs die onderhoud of inspecties uitvoeren aan deze installaties, moeten SCIOS-gecertificeerd zijn
Achter de gasmeter	Aan de zijde van de afnemer van het gas (bijvoorbeeld in een woning).
Achter de voordeur	Bij de bewoners thuis.
Afvoergebonden toestel	Toestel waarvan de rookgassen via een afvoer naar buiten gaan.
Afvoerleiding	Leiding voor de afvoer van rookgassen. Kan samengesteld zijn uit buizen of pijpen. Andere benamingen: rookgasafvoerleiding, afvoer, rookgasafvoer.
Afvoerloos toestel	Toestel waarvan de rookgassen in de ruimte vrijkomen waarin het toestel staat opgesteld.
Afvoervoorziening	Voorziening voor afvoer van rookgassen; dit kan een afvoerleiding zijn maar ook een geopend ventilatierooster van een ruimte met een afvoerloos toestel.
APK	Een Algemeen Periodieke Keuring (APK) is een verplichte keuring waarbij van specifieke onderdelen (van een voertuig) wordt getoetst of deze in goede staat zijn en/of functioneren volgens vastgestelde eisen.
Betrokkene	Bij een ongeval betrokken persoon.
BRL	Een beoordelingsrichtlijn (BRL) is een document waarin alle eisen, voorschriften en wetten zijn opgenomen die van toepassing zijn op een product of een proces.
BWT	Afdelingen Bouw- en Woningtoezicht (BWT) houden zich bezig met het opsporen en controleren van bouwactiviteiten.
BZK	Het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) draagt er onder andere aan bij dat burgers kunnen wonen in betaalbare, veilige en energiezuinige woningen in een buurt waar iedereen meetelt en meedoet en het prettig leven is.

C	Koolstof (C) komt in zeer veel verschillende verbindingen voor en in alle organische levensvormen. Ook heeft koolstof de eigenschap dat het chemische verbindingen met zichzelf en talloze andere elementen kan aangaan. Koolstof vormt in verbinding met zuurstof onder andere koolstofdioxide (CO ₂).
CBS	Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) is in Nederland de instantie waar de verzameling, bewerking en publicatie van de statistieken ten behoeve van overheid, wetenschap en bedrijfsleven zijn gecentraliseerd.
CE	De CE-markering (CE staat voor Conformité Européenne) is op veel producten te vinden en geeft daarmee aan dat het product voldoet aan/in overeenstemming is met de daarvoor geldende regels binnen de Europese Economische Ruimte (EER: de Europese Unie plus Liechtenstein, Noorwegen en IJsland).
CI	Een Certificerende Instelling (CI) is een bedrijf dat certificaten mag uitgeven.
CO	Koolmonoxide (CO) is een kleurloos gas dat bestaat uit moleculen die opgebouwd zijn uit één koolstof- (C) en één zuurstofatoom (O). Andere benamingen zijn: CO, koolstofmonoxide en carbon monoxide (Engelse term).
CO ₂	Kool(stof)dioxide (CO ₂) is een anorganische verbinding van koolstof en zuurstof. Wordt ook wel koolzuurgas genoemd.
COHb	Het percentage carboxyhemoglobine (COHb) geeft aan hoeveel procent van de bindingsplaatsen aan hemoglobine (Hb) ingenomen is door koolmonoxide in plaats van zuurstof. Het is een maat voor de omvang van de koolmonoxidevergiftiging.
Combiketel	Ketel die zowel water verwarmt voor verwarming als voor tapwater. Als de ketel voorzien is van een voorraadvat met water, wordt de term combivat gebruikt. Als er geen vat aanwezig is, wordt gesproken over combitap.
Concentrische rookgasafvoer	Rookgasafvoer bestaande uit een dubbele buis. De binnenbuis voert rookgas af; de toevoer van verbrandingslucht vindt plaats via de ruimte tussen de twee buizen (zie ook parallelle rookgasafvoer)
Cv	Centrale verwarming, een verzamelbegrip: wordt gebruikt om zowel de soort verwarming, de afzonderlijke ketel (het toestel) of de gehele installatie aan te duiden.
Cv-installatie	Installatie bestaande uit de ketel (het toestel) en bijhorende voorzieningen (zoals brandstoftoevoerleidingen, verbrandingsluchttoevoer en rookgasafvoer)
Cv-ketel	Verbrandingstoestel voor de productie van warm water voor verwarming en/of voor tapwater
EN	EN staat voor Europese Norm: opgestelde en vastgelegde richtlijnen met eisen (normen) die centraal voor Europa gelden en nationaal worden gepubliceerd.

EPBD	De Europese richtlijn energieprestatie van gebouwen (<i>Energy Performance Building Directive</i> of EPBD) heeft tot doel een verbeterde energieprestatie te stimuleren voor gebouwen in de Europese Unie.
Erkende installateur	Een installateur die een of meer van onderstaande kwaliteitslabels voert: erkenning (SEI/Sterkin), certificering (BRL6000 en/of SCIOS), keurmerk (lid van UNETO-VNI, OK CV en/of Kwaliteitsvakman).
ESS	Een Energie Service Specialist (ESS) is een (onderhouds)monteur die opgeleid is volgens de eisen van OK CV. Hij inspecteert en onderhoudt cv-ketels, voert metingen uit en adviseert.
EU	De Europese Unie (EU) is een uit 28 Europese landen bestaand statenverband. De huidige vorm van de EU bestaat sinds 1993 (verdrag van Maastricht).
Failsafe	Een systeem is failsafe, als het falen ervan, in principe, geen voor de mens gevaarlijke situatie oplevert.
Foolproof	Een systeem is foolproof, als het bestand is tegen dom of foutief gebruik.
GAD	De Gas Appliance Directive (GAD) vormt het rechtskader voor gas-toestellen in de EU-lidstaten. Het moet toestellen en hulpstukken voor de (gas)veiligheid ervan toegang bieden tot de EU-markt.
Gasmeter	Een meetinstrument dat tussen de hoofdgasleiding en de aftakking naar de afnemer is geplaatst en het volume aan gas meet (in m ³) dat de afnemer verbruikt. Vaak is de meter in de meterkast geplaatst, maar soms staat deze buiten. De meter vormt veelal de fysieke en juridische scheiding tussen verantwoordelijkheden van partijen.
Gastoestel	Verbrandingstoestel op gas.
Geiser	Verbrandingstoestel voor productie van warm tapwater.
Gesloten verbrandingstoestel	Een toestel dat beschikt over zowel een verbrandingsluchttoevoerleiding als een rookgasafvoerleiding
Gestapelde bouw/woning	Woning die niet rechtstreeks toegankelijk is vanaf straatniveau, maar ontsloten wordt door bijvoorbeeld een galerij of centraal trappenhuis (zoals een portiek- of galerijflat).
GGD	De Gemeenschappelijke GezondheidsDienst (GGD) is de dienst waarover elke gemeente in Nederland moet beschikken om een aantal taken (zoals advies, preventie en behandeling) op het gebied van de volksgezondheid uit te voeren.
Grondgebonden bouw/woning	Woning die rechtstreeks toegankelijk is vanaf het straatniveau en waarvan een van de bouwlagen aansluit op het maaiveld. Grondgebonden woningen hebben meestal een terras en/of een tuin. Voorbeeld: een rijtjeswoning.
HR / HR-ketel	Een hoogrendementsketel of HR-ketel is een verwarmingsketel op aardgas die ten opzichte van een conventionele gasketel een hoger rendement heeft.

Inbedrijf- stellingsrapport	Een zogenoemd EBI (Eerste of Bijzondere Inspectie) vindt eenmalig plaats bij inbedrijfstelling van een stookinstallatie. Bij deze keuring wordt gecontroleerd of een nieuw geplaatst toestel is opgesteld en afgesteld volgens de geldende veiligheids- en milieueisen. Hier wordt vervolgens een rapport over afgegeven.
Inherent gevaarlijk Installateur	Van nature gevaarlijk. Persoon die installatiewerkzaamheden uitvoert (ontwerp, aanleg/ plaatsing, onderhoud en/of reparatie).
Installatiebedrijf	Bedrijf dat installatiewerkzaamheden uitvoert (ontwerp, aanleg/ plaatsing, onderhoud en/of reparatie).
Kachel/haard Keurmerk	Een open verbrandingstoestel om een ruimte mee te verwarmen. Een keurmerk is een logo waarmee de fabrikant of dienstverlener een bepaalde kwaliteit van een product of dienst belooft.
Kiwa	Kiwa (staat van oorsprong voor Keuringsinstituut voor WaterleidingArtikelen) is een onafhankelijke organisatie die hooggekwalificeerde certificering verzorgt.
KNMI	Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) is het nationale kennis- en datacentrum voor weer, klimaat en seismologie en doet ook prognoses.
KOMO	Keuring en Onderzoek van Materialen voor de Overheid (KOMO) is een collectief keurmerk dat in de Nederlandse bouw gebruikt wordt.
Koolmonoxide	Een kleurloos gas dat bestaat uit moleculen die opgebouwd zijn uit één koolstof- (C) en één zuurstofatoom (O). Andere benamingen zijn: CO, koolstofmonoxide en carbon monoxide (Engelse term).
Koolmonoxide- melder	Melder bedoeld om in een ruimte op te hangen en aanwezig te waarschuwen tegen een te hoog percentage koolmonoxide, veelal door een akoestisch signaal.
Koolmonoxide- meter	Meter bedoeld om in een ruimte mee te nemen om een verhoogd percentage koolmonoxide vast te stellen, ter bescherming van de persoon (bijvoorbeeld installateur, hulpverlener), ter controle van de juiste werking van een installatie en/of ter vaststelling van een koolmonoxideongeval. De meting kan in een ruimte worden uitgevoerd, maar ook in de rookgassen boven of in de rookgas- afvoerleiding van een verbrandingstoestel.
KvINL	Stichting Kwaliteit voor Installaties Nederland (KvINL) is een stichting waarin opdrachtgevers, aanbieders en overheden samenwerken aan een onderscheidend en gegarandeerd kwaliteitsniveau van producten, processen en diensten in de installatiesector.
kW	De kilowatt (kW) is een praktische eenheid van vermogen om mee te rekenen bij het ontwerpen en bouwen van machines en bij het meten van het elektriciteitsgebruik van een woning of klein bedrijf.

LIS	In het Letsel Informatie Systeem (LIS) wordt ongevalsinformatie (zoals omvang, ernst, kosten en toedracht van ongevallen) systematisch verzameld vanuit spoedeisende hulpafdelingen van deelnemende ziekenhuizen. Daarnaast wordt met dit systeem (van VeiligheidNL) de ontwikkelingen in ongevallen en letsels in Nederland continu bijgehouden.
Mechanische ventilatie	Ventilatie met mechanische hulpmiddelen zoals ventilatoren. Deze vorm van ventilatie wordt ook wel geforceerde ventilatie genoemd (zie ook natuurlijke ventilatie).
Monteur / onderhoudsmonteurs	Zie 'installateur'.
Natuurlijke ventilatie	Ventilatie via natuurlijke atmosferische omstandigheden (zoals wind), zonder mechanische hulpmiddelen. Een voorbeeld is lucht die door bijvoorbeeld geopende ramen, deuren en kieren stroomt, zonder dat bijvoorbeeld ventilatoren deze stroming opwekken.
NEN	Het Nederlands Normalisatie-instituut (NEN) is de nationale normalisatie-instelling voor Nederland. Het NEN bevordert Europese en mondiale normen en de toepassing van die normen. Ook is het NEN het kennis- en informatiecentrum op het terrein van nationale en internationale normen.
NFI	Het Nederlands Forensisch Instituut (NFI), voorheen het Gerechtelijk Laboratorium, is een laboratorium in Nederland dat sporenonderzoek doet ten behoeve van strafrechtelijk onderzoek.
NHK	De Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK) is een platform dat voortdurend de kwaliteit bevordert van toestellen, de installatie ervan en het opleidingsniveau van de installateurs. De NHK is daarnaast ook het aanspreekpunt voor onder andere de overheid voor het ontwikkelen en toepassen van wet- en regelgeving op het gebied van milieu en duurzame veiligheid.
NPR	Een Nederlandse Praktijkrichtlijn (NPR) geeft toelichting en voorbeelden bij regelgeving en normen. Zo geeft NPR 3378 voorbeelden bij de normen voor gasinstallaties en de eisen die het Bouwbesluit daaraan stelt.
NVWA	De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit NVWA is een Nederlands agentschap dat functioneert onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van Economische Zaken (EZ). Zij heeft als kerntaak het toezicht houden bij bedrijven en instellingen op de naleving van wetten en voorschriften. Dierenartsen, inspecteurs en toezichthouders voeren dit toezicht uit. Zo nodig kan de NVWA sancties opleggen.
O ₂	Zuurstof (O ₂) is een gas dat in de lucht zit en dat onder andere nodig is bij het verbrandingsproces van brandstoffen (gas).

OK CV	OK CV is een vrijwillig kwaliteitslabel dat is ontwikkeld door UNETO-VNI (de ondernemersorganisatie voor technische installatiebedrijven), VFK (de vereniging van ketelfabrikanten) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (voorheen Agentschap NL). OK CV krijgt financiële steun van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.
OM	Het Openbaar Ministerie (OM), dat valt onder het ministerie van Veiligheid en Justitie, bepaalt aan de hand van gepleegde strafbare feiten of en wanneer iemand daarvoor vervolgd wordt.
Onderhoud	Alle werkzaamheden die gericht zijn op bedrijfszeker en veilig gebruik van de installatie (bron: AVIC).
Ongeval met koolmonoxide	Het onbedoeld vrijkomen van een verhoogde concentratie koolmonoxide in een ruimte, al dan niet met vergiftiging tot gevolg.
Open verbrandings-toestel	Een toestel dat voor de verbranding gebruikmaakt van lucht uit de ruimte waarin het toestel staat opgesteld.
P2000	P2000 (staat voor Pager 2000) is een van de onderdelen van het Nederlandse C2000-alarmeringsnetwerk op basis van een communicatieprotocol. Het netwerk is opgezet om personeel van hulpdiensten zoals brandweer, reddingsbrigade, ambulance, politie, Rode Kruis, KNRM en DARES op te roepen in geval van een incident of andere situatie waar hun aanwezigheid gewenst is.
Parallele rookgasafvoer	Rookgasafvoersysteem dat bestaat uit een afzonderlijke buis voor de afvoer van rookgas en een aparte buis voor de toevoer van verbrandingslucht (zie ook concentrische rookgasafvoer).
Pelletkachel	Kachel die gebruikmaakt van houtpellets (korrels van samengeperst houtafval) als brandstof.
Ppm	Parts per million ('een miljoenste' of 1/1.000.000) is een maat voor een concentratie. De koolmonoxideconcentraties in ppm's (of in %) in dit rapport geven het volumeaandeel van het koolmonoxide in de lucht of in rookgassen aan.
Private borging van overheidsregels	Hoe private partijen (partijen die de wet- en regelgeving moeten naleven, zelf of derden) er systematisch voor zorgen dat de regels die de overheid stelt, worden nageleefd.
Publieke borging van overheidsregels	Hoe de overheid er systematisch voor zorgt dat er aan wet- en regelgeving wordt voldaan en installaties veilig zijn.
Recirculatie	Mechanisme waarbij een bepaalde stroom terugvoert naar een punt eerder in het proces, zoals af te voeren rookgassen die worden aangevoerd als verbrandingslucht.
RGA	Een rookgasafvoer (RGA) is een gesloten afvoerleiding (met of zonder ventilator) bedoeld om rookgassen naar buiten de woning af te voeren.
RIVM	Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) is een kennisinstituut dat als adviseur de overheid voorziet van onafhankelijke kennis op het gebied van gezondheid en milieu.

RoGaFa	De Vereniging van Nederlandse Fabrieken van Gasafvoerleidingssystemen (RoGaFa) is een vereniging die de belangen behartigt van bedrijven die gasafvoerleidingssystemen voor gasgestookte verwarmingstoestellen produceren en/of verhandelen.
Rookgas	Gasvormig product van verbranding; verbrandingsproduct afkomstig van een verbrandingstoestel zoals een cv of geiser.
Rookgasmeter	Een rookgasmeter meet de samenstelling van rookgassen. Meet naast koolmonoxide ook normale bestanddelen zoals O ₂ - en CO ₂ -gehalte. Deze meter gebruikt een installateur bijvoorbeeld tijdens het onderhoud van het toestel.
Rookgasmeting	Het uitvoeren van een meting met een rookgasmeter.
Ruimte	Een deel van een gebouw dat geheel of gedeeltelijk door bouwkundige scheidingsconstructies wordt begrensd.
RvA	De Stichting Raad voor Accreditatie (RvA) beoordeelt laboratoria, certificerende instellingen en inspectie-instellingen op hun deskundigheid en onafhankelijkheid.
SCIOS	Stichting Certificatie Inspectie Onderhoud Stookinstallaties (SCIOS) onderhoudt een kwaliteitssysteem voor industriële stookinstallaties met een nominaal vermogen van 100 KW of meer. Dit is de zogenoemde SCIOS-certificatieregeling. Deze regeling is ontwikkeld op verzoek van en erkend door de Nederlandse overheid.
SEH	Spoedeisende hulp (SEH) is acute medische zorg bij ongevallen.
SEI	Stichting Erkenning Installatiebedrijven (SEI) is opgericht door UNETO-VNI en omvat een erkenningsregeling voor een aantal vakgebieden, zoals gastechnisch, elektrotechnisch, warmtepompen, luchtbehandeling en lichtreclame.
Sterkin	Sterkin is een onafhankelijk keurmerk dat de aanleg van veilige installaties bevordert. Als onafhankelijke keurmerk beheert Sterkin de erkenningsregelingen voor elektrotechnische, gastechnische en waterinstallateurs, alsmede voor installateurs van duurzame energie-installaties.
Tapwater	Al dan niet verwarmd kraanwater.
Thermische trek	(Thermische) trek, ook wel bekend als schoorsteeneffect, is het natuurkundige effect dat een gas in verticale richting beweegt onder invloed van warmte of een andere oorzaak van (gas) dichtheidsverschil. Dit effect is met name bekend van schoorstenen, maar het kan ook zonder schoorsteen optreden. Een schoorsteen is in staat het effect te versterken, doordat er geen horizontale menging kan optreden.
TNO	De Nederlandse organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) is een onderzoeksinstituut dat in opdracht van overheden en andere marktpartijen wetenschappelijke kennis toepast in de praktijk.
Toestel	Zie 'verbrandingstoestel'.

Toevoerleiding	Leiding voor de toevoer van verbrandingslucht. Kan samengesteld zijn uit buizen of pijpen. Andere benamingen: luchttoevoerleiding, toevoer en luchttoevoer.
TTB	De thermische terugslagbeveiliging (TTB) is een beveiligingsmechanisme dat in werking treedt als rookgassen met een bepaalde temperatuur terugstromen door bijvoorbeeld een verstopping in de rookgasafvoer. De TTB bestaat uit een temperatuurgevoelige weerstand die voor een onderbreking zorgt en de gasklep zal afsluiten. Hierdoor wordt het gastoestel uitgeschakeld.
UNETO-VNI	Unie van Elektrotechnische ondernemers - Vereniging Nederlandse Installatiebedrijven UNETO-VNI (sinds 2002 ontstaan uit de organisaties Uneto en VNI) is de ondernemersorganisatie voor de installatiebranche en de technische detailhandel. Zij bundelt de belangen van grote, middelgrote en kleine ondernemingen die in brede zin actief zijn in alle installatiedisciplines en gerelateerde technische detailhandel.
Vakman	Een vakman is iemand die goed werk wil leveren omwille van de kwaliteit van het werk zelf.
Vals negatief	In geval van een koolmonoxidemelder: het uitblijven van een alarm terwijl <i>wel</i> een hoge concentratie koolmonoxide in de lucht aanwezig is.
Vals positief	In geval van een koolmonoxidemelder: het geven van een alarm terwijl <i>geen</i> hoge concentratie koolmonoxide in de lucht aanwezig is.
VEBON	De vereniging VEBON is een ondernemersvereniging van gespecialiseerde bedrijven met oplossingen voor brandveiligheids- en beveiligingsvraagstukken.
VeiligheidNL	VeiligheidNL is een organisatie die zich inzet om in Nederland de woon-, werk- en leefomgeving veiliger te maken.
Verbrandingsapparaat	Zie 'verbrandingstoestel'.
Verbrandingsgas	Zie rookgas.
Verbrandingsinstallatie	Installatie voor het opwekken van warmte of energie door verbranding van vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen, bijvoorbeeld voor warm tapwater of verwarming. De installatie bevat het geheel aan componenten in een gebouw ('achter de gasmeter') nodig voor de verbranding en distributie van de warmte/energie. Denk aan het verbrandingstoestel zelf, verbrandingsluchttoevoer- en rookgasafvoerleidingen, warmwater- en gasleidingen en elektrische sturingen.
Verbrandingslucht	Lucht die naar een verbrandingstoestel wordt gevoerd en de voor verbranding benodigde zuurstof bevat. Andere benaming: toevoerlucht.

Verbrandingstoestel	Toestel voor het opwekken van warmte of energie door verbranding van vaste, vloeibare of gasvormige brandstoffen, bijvoorbeeld voor warm tapwater of verwarming. Een ander woord is 'verbrandingsapparaat'.
Verhoogde concentratie CO	Aanwezigheid van een hogere waarde aan CO dan onder normale omstandigheden mag worden verwacht. Veelal wordt overschrijding van de grenswaarde 25 ppm als criterium gehanteerd.
VFK	VFK staat voor Vereniging van Fabrikanten van Verwarmingsketels.
VNI	In 2002 samengegaan met Uneto als UNETO-VNI.
Voldoende onderhoud	Het onderhoud dat de toestelfabrikant voorschrijft, waarbij ook wordt gecontroleerd of de installatie blijvend aan wet- en regelgeving voldoet/kan voldoen.
Voor de gasmeter	Aan de zijde van de gasleverancier-/distributeur (bijvoorbeeld in de openbare ruimte).
VR	Verbeterd- of verhoogdrendementketel (zie ook CR, HR en UHR).
Vrijkomen	Geproduceerde koolmonoxide komt in een woning/ gebouw terecht. Hiervoor moet koolmonoxide geproduceerd worden én de koolmonoxide moet vanuit het verbrandingstoestel de woning in komen.
VROM	Het ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening Milieu (VROM) was het Nederlandse ministerie voor zaken over huisvesting, ruimtelijke ordening en beheer van het milieu. Sinds 14 oktober 2010 is VROM samengevoegd met het ministerie van Verkeer en Waterstaat tot het ministerie van Infrastructuur en Milieu.
VWS	Het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) draagt in de eerste plaats de zorg voor de volksgezondheid. Hieronder valt onder andere het beleid over ziekenhuizen, geneesmiddelen, ziektekosten en huisartsen. Verder is het ministerie verantwoordelijk voor het preventiebeleid, de preventieve gezondheidszorg, de publieke gezondheid en de voedselveiligheid.
Zelfregulering	Zelfregulering houdt in dat maatschappelijke partijen in bepaalde mate zelf de verantwoordelijkheid nemen voor het opstellen en/of uitvoeren en/of handhaven van regels, al dan niet binnen een wettelijk kader

Bijlage A. Onderzoeksverantwoording	114
A.1 Doelstelling en onderzoeksvraag.....	114
A.2 Deelonderzoeken	114
A.3 Database koolmonoxideongevallen.....	115
A.4 Illustratieve ongevallen.....	117
A.5 Interviews en expertsessies.....	119
A.6 Enquête installateurs.....	120
A.7 Begeleidingscommissie en projectteam	120
Bijlage B. Reacties op inzagecommentaar.....	122
Bijlage C. Toelichting verbrandingsinstallaties.....	124
C.1 Hoe koolmonoxide ontstaat in het verbrandingsproces.....	124
C.2 Relevante verbrandingstoestellen	124
C.3 Technische details luchttoevoer en rookgasafvoer	125
Bijlage D. Mechanisme ongevallen met koolmonoxide	127
D.1 Productie koolmonoxide	127
D.2 Terechtkomen koolmonoxide in woning	128
D.3 Drukverschil en luchtstroming.....	128
D.4 Concentratie koolmonoxide.....	129
D.5 Overzicht mechanismen koolmonoxideongevallen	129
Bijlage E. Gezondheidseffecten van koolmonoxide	132
E.1 Introductie	132
E.2 Koolmonoxidevergiftiging.....	133
E.3 Diagnostiek	134
Bijlage F. Resultaten aanvullend onderzoek naar ongeval 2.....	136
Bijlage G. Resultaten aanvullend onderzoek naar ongeval 5.....	144
Bijlage H. Resultaten analyse database koolmonoxideongevallen.....	146
H.1 Vergelijking respondenten met non-respondenten	146
H.2 Bron en oorzaken koolmonoxideongevallen.....	151
H.3 Eigendom, plaatsing en onderhoud verbrandingsinstallaties.....	162
H.4 Type en eigendom woning.....	179
H.5 Detectie en diagnosticering	186
H.6 Aantallen slachtoffers (absoluut)	199

Bijlage I. Omvang en onderschatting problematiek koolmonoxideongevallen..	202
I.1 Omvang van de problematiek.....	202
I.2 Indicator: onveilige verbrandingsinstallaties	203
I.3 Indicator: patiënten met een koolmonoxidevergiftiging	204
I.4 Indicator: verhoudingsgewijs hoog aandeel koolmonoxidemelders in database.....	205
Bijlage J. Koolmonoxidemelders.....	206
J.1 Koolmonoxidemelders voor consumenten	206
J.2 Normering en gevoeligheid	209
J.3 Adviezen over plaatsing en testen van melders.....	210
Bijlage K. Resultaten enquête installateurs.....	212
Bijlage L. Historie en toekomst	223
L.1 Historie	223
L.2 Toekomst.....	224
Bijlage M. Situatie in andere landen.....	227

ONDERZOEKSVERANTWOORDING

A.1 Doelstelling en onderzoeksvraag

Doelstelling

Doelen van het onderzoek zijn:

- Achterhalen hoe het komt dat, ondanks veronderstelde kennis, koolmonoxide-ongevallen plaatsvinden.
- Aanbevelingen doen om de oorzaken van koolmonoxideongevallen weg te nemen en de eventuele gevolgen te beperken.

Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag luidt: 'Hoe ontstaan ongevallen met koolmonoxide en hoe komt het dat betrokken partijen deze niet altijd voorkomen?'

A.2 Deelonderzoeken

Centraal in dit onderzoek staat de interactie tussen de techniek (verbrandingstoestel, luchttoevoer en rookgasafvoer) en mens en/of organisatie (waaronder de bewoner, eigenaar, verhuurder, installateur en fabrikant). Het onderzoek bestaat uit:

1. *Onderzoek naar de bestaande kennis over koolmonoxide.* De oorzaken van ongevallen en de maatregelen om deze te voorkomen. De basis voor dit onderzoek was een documentenstudie (van onder andere beleid, onderzoeken en voorlichtingsmateriaal).
2. *Onderzoek naar ongevallen met koolmonoxide:*
 - *Kwalitatief:* een beperkt aantal ongevallen is nader onderzocht en beschreven in dit rapport. Deze ongevallen illustreren de diversiteit aan factoren en combinaties daarvan, die leiden tot koolmonoxideongevallen, en bieden inzicht in de directe en deels achterliggende oorzaken. Dit onderzoek is gebaseerd op documentenstudie, interviews met betrokkenen en, als dat mogelijk en nodig was, technisch onderzoek ter plaatse en/of aan de installatie.
 - *Kwantitatief:* de kenmerken en omvang van het probleem zijn onderzocht. Basis voor dit onderzoek was een grootschalige enquête onder bewoners die mogelijk betrokken zijn geweest bij een ongeval met koolmonoxide. Daartoe zijn zo veel mogelijk (vermoedelijke) ongevallen verzameld die zich hebben voorgedaan in de periode 2012-2014. Bij het verzamelen en analyseren van deze ongevallen is onder

meer gebruikgemaakt van informatie van de brandweer, berichtgeving in (sociale) media en de antwoorden die bewoners hebben gegeven in de enquête.

3. *Onderzoek naar het stelsel waarbinnen de ongevallen plaatsvinden.* Dit stelsel bestaat onder meer uit de wet- en regelgeving, de verantwoordelijkheden van betrokken partijen en de wijze waarop de overheid en de branche de veiligheid waarborgen. Er is ook gekeken naar andere landen en aandacht besteed aan de historische en toekomstige ontwikkelingen. De basis voor dit onderzoek waren interviews met betrokken partijen, expertsessies met betrokkenen en een documentenstudie.

A.3 Database koolmonoxideongevallen

Opzet database koolmonoxideongevallen

Registratie van ongevallen met koolmonoxide is in Nederland niet verplicht en gebeurt niet centraal en/of eenduidig. Voor een beeld van het aantal ongevallen met koolmonoxide heeft de Onderzoeksraad zelf een database opgezet met vermoedelijke koolmonoxideongevallen in de periode 2012-2014. Hiervoor zijn adresgegevens onttrokken uit meerdere bronnen, waaronder Kiwa Technology, VeiligheidNL, mediaberichten, P2000-meldingen en meldkamergegevens van brandweerregio's. Niet alle brandweerregio's hebben gegevens aan kunnen leveren.

Enquête onder bewoners die betrokken waren bij koolmonoxideongevallen

De database bevat vermoedelijke ongevallen met koolmonoxide. Daarom is een enquête naar de bewoners gestuurd. Op die manier kon de Raad erachter komen of daadwerkelijk een ongeval met koolmonoxide op een bepaald adres heeft plaatsgevonden en welke elementen een rol hebben gespeeld.

De enquête bestond uit een vragenlijst en een begeleidend schrijven. De vragen betroffen de alarmering, de installatie, de oorzaak, het onderhoud, het letsel en de situatie. Op deze manier heeft de Onderzoeksraad zo veel mogelijk relevante onderzoeksgegevens over de situatie 'achter de voordeur' verzameld.

De enquête kon zowel op papier als digitaal worden ingevuld. Bewoners konden desgewenst telefonisch hulp vragen en/of een mail sturen. De onderzoekers hebben de geretourneerde papieren vragenlijsten ingevoerd in de digitale versie van de enquête. Respons via de telefoon is op eenzelfde wijze verwerkt. Ongevallen die de Onderzoeksraad zelf heeft onderzocht, zijn ook ingevoerd in de digitale versie van de enquête.

Naar de adressen van ongevallen met een dodelijke afloop zijn in beginsel geen enquêtes gestuurd. Dit was om eventuele nieuwe bewoners niet te verontrusten en om nabestaanden op dat adres niet op deze wijze te confronteren met het ongeval. De Onderzoeksraad heeft geprobeerd om via de politie de nabestaanden van ongevallen met dodelijke afloop persoonlijk te benaderen. Op die manier kon de Raad hen informeren over het lopende onderzoek naar ongevallen met koolmonoxide en hen vragen om de enquête in te vullen. Niet alle nabestaanden konden worden achterhaald en geïnformeerd.

De gegevens voortgekomen uit de enquête zijn vooral kwantitatief van aard en geven inzicht in de verhoudingen tussen relevante factoren.

Aanvullende gegevens per adres

Naast het uitzetten van de enquête heeft de Onderzoeksraad gegevens van het bedrijf DataLand¹⁵⁸ opgevraagd. Hiermee konden, per adres, de ongevalgegevens worden verrijkt met extra informatie (zoals type bouw, bouwjaar, huur- of koopwoning en aantal woonlagen). Deze data geven inzicht in verbanden tussen ongevallen met koolmonoxide en woninggerelateerde kenmerken.

Respons en non-respons

De database met koolmonoxideongevallen bevatte 1688 adressen waarop vermoedelijk een ongeval had plaatsgevonden. Deze zijn, uitgezonderd de dodelijke ongevallen, per post aangeschreven met het verzoek om deel te nemen aan het onderzoek. Via TNTpost is vernomen dat achttien adressen op een of andere manier onbestelbaar waren. Van 439 bewoners is respons¹⁵⁹ ontvangen. Daarnaast bevat de database informatie over koolmonoxideongevallen die de Onderzoeksraad van derden (met name de brandweer) heeft ontvangen.

Er is nagegaan of de respons op de enquête representatief is voor de totale set aan vermoedelijke ongevallen. Dit is gedaan door de kenmerken van respondenten te vergelijken met de kenmerken van degenen die niet hebben gereageerd. Daarbij ging het om de verhouding koop- en huurwoningen, grootte van de woonplaats, bouwjaar, type en waarde van de woning. Het blijkt dat de kenmerken van de respondenten grotendeels overeenkomen met de kenmerken van de non-respons.

Analyses van de database

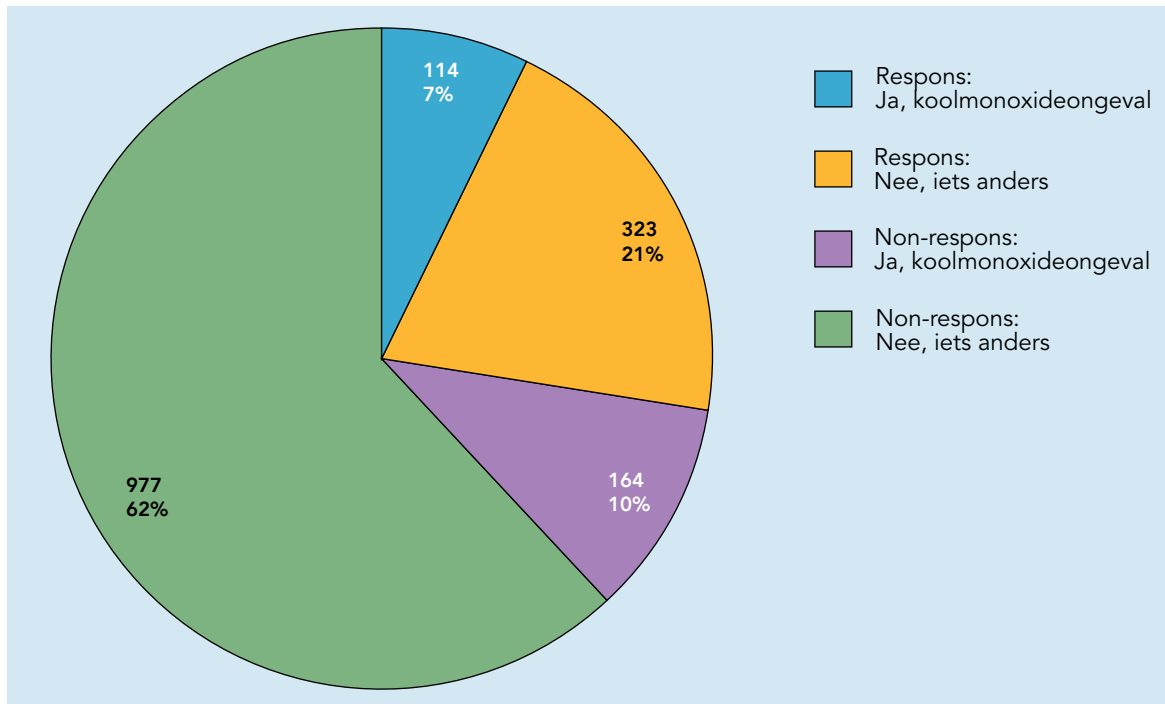
Om de daadwerkelijke koolmonoxideongevallen te scheiden van de niet-ongevallen heeft het projectteam alle vermoedelijke ongevallen beoordeeld op een aantal criteria. De belangrijkste criteria zijn dat er daadwerkelijk koolmonoxide vrij is gekomen en geconstateerd door bijvoorbeeld een hulpdienst zoals de brandweer. Bij twijfel is een gebeurtenis als niet-ongeval aangemerkt.

De cijfers genoemd in paragrafen 2.4, 3.3 en 3.5 komen voort uit de analyse van de database. De volledige analyse is opgenomen in bijlage H.

De cijfers zijn in dit rapport voornamelijk gebruikt om onderlinge verhoudingen weer te geven, waarbij de categorie 'onbekend' buiten beschouwing is gelaten. Als cijfers worden genoemd die betrekking hebben op de totale set of een deel van de set, wordt dit vermeld. Als de omvang van de categorie 'onbekend' meer dan een derde (33 procent) is, is een inschatting gemaakt van de invloed ervan op de betrouwbaarheid van de verhoudingen.

¹⁵⁸ DataLand is het grootste intergemeentelijke samenwerkingsverband op het gebied van vastgoedinformatie met informatie uit 386 gemeenten (van de in totaal 393 Nederlandse gemeenten).

¹⁵⁹ Respons in de vorm van geretourneerde papieren vragenlijsten, invoer in de digitale enquête, maar ook mails en telefoontjes met informatie die de Onderzoeksraad zelf heeft verwerkt.



Figuur 24: De selectie van daadwerkelijke ongevallen uit database met koolmonoxideongevallen. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

A.4 Illustratieve ongevallen

De Onderzoeksraad heeft geput uit meerdere bronnen (zoals interviews, mediaberichten en vakliteratuur) om inzicht te krijgen in de technische en achterliggende oorzaken van koolmonoxideongevallen en de gevolgen. Hieruit blijkt dat een grote diversiteit aan factoren een rol kan spelen bij koolmonoxideongevallen. Voor inzicht in de totstandkoming van de ongevallen en hun gevolgen is een set van vijftien ongevallen samengesteld die deze diversiteit illustreert. Dit inzicht helpt bij het beantwoorden van de vraag waarom deze ongevallen nog steeds gebeuren, ondanks beschikbare kennis. Ook helpt het bij het inschatten van de waarde van verbetermogelijkheden. Daar waar de uitkomsten van de enquête onder bewoners (zie paragraaf A.3) vooral de kwantitatieve verhouding tussen een aantal relevante factoren toont, geeft de set illustratieve ongevallen vooral kwalitatief een diepgaander inzicht in de ongevallen, hun oorzaken en gevolgen.

De Onderzoeksraad heeft de illustratieve set ongevallen als volgt samengesteld. Van diverse ongevallen uit media en andere informatiekanalen is aanvullende informatie gezocht en/of opgevraagd bij derden (zoals brandweer, politie, OM, Kiwa Technology en betrokkenen). Waar mogelijk, en nodig, is daarnaast zelf onderzoek gedaan (met bijvoorbeeld interviews en locatiebezoeken). Op deze wijze is een set van vijftien ongevallen opgebouwd. Uiteindelijk is daaruit een set van vijf ongevallen geselecteerd, die de diversiteit in de volgende groepen van factoren toont:

- *oorzaken*: technische oorzaken van koolmonoxideproductie en het terechtkomen van koolmonoxide in een ruimte;
- *detectie*: de wijze en het moment van detectie van het koolmonoxide;
- *gevolgen*: de fysieke en psychische gevolgen van koolmonoxidevergiftiging;

- *gebouw*: kenmerken, staat en locatie¹⁶⁰ van het gebouw waarin het ongeval plaatsvond;
- *installatie*: kenmerken en staat van de installatie die het koolmonoxideongeval veroorzaakte.

Naast deze factoren speelden ook de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van informatie een rol bij het vaststellen van de set ongevallen.

Paragraaf 2.2 presenteert vijf illustratieve ongevallen. In dit rapport wordt daarnaast naar bepaalde factoren uit de ongevallen verwezen om de koolmonoxideproblematiek te duiden.

Herkomst informatie illustratieve ongevallen

In paragraaf 2.2 staan de vijf illustratieve ongevallen die de diverse factoren van de problematiek tonen. Hieronder is per ongeval aangegeven wat de herkomst is van de informatie die de Onderzoeksraad voor zijn analyse van deze ongevallen heeft gebruikt.

Ongeval 1: Veronderstelde natuurlijke dood

- Openbare informatie: internet, GoogleEarth, gerechtelijke uitspraak.
- Niet-openbare documenten: antwoord op schriftelijke vragen gesteld aan het OM, proces-verbaal onderzoek politie, rapport technisch onderzoek Kiwa Technology, requisitoir officier van justitie op schrift.
- Schriftelijke informatie officier van justitie.
- Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: geen.

Ongeval 2: Jonge meisjes in badkamer

- Openbare informatie: internet, GoogleEarth.
- Niet-openbare documenten: antwoord op schriftelijke vragen gesteld aan politie/OM, rapport politieonderzoek, foto's politiedossier, rapport opgesteld door vader dodelijk slachtoffer, tekeningen (ver)bouwvergunning woning, expert weergegevens KNMI.
- Interviews met diverse betrokkenen.
- Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: technisch onderzoek aan de geiser door Kiwa Technology.

Ongeval 3: Koolmonoxide uit andere woning

- Openbare informatie: internet, GoogleEarth, bijwonen rechtbankzitting, gerechtelijke uitspraak.
- Niet-openbare documenten: antwoord op schriftelijke vragen gesteld aan het OM, rapport technisch onderzoek Kiwa Technology, requisitoir officier van justitie op schrift.
- Gesprek met officier van justitie.
- Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: geen.

¹⁶⁰ Grote stad, middelgrote stad, kleine plaats, dorp.

Ongeval 4: Keer op keer ernstig ziek bij harde wind

- Openbare informatie: internet, GoogleEarth, artikel medisch vakblad.
- Niet-openbare documenten: rapport van bevindingen van het gasbedrijf, logboek van de bewoners, foto's situatie ten tijde van het ongeval.
- Interviews met diverse betrokkenen.
- Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: locatiebezoek door onderzoekers van de Onderzoeksraad.

Ongeval 5: Ventilatiesysteem en recent onderhouden stookinstallatie

- Openbare informatie: internet, GoogleEarth.
- Niet-openbare documenten: incidentrapporten meldkamer en brandweer, antwoord op schriftelijke vragen aan de leverancier van de brander.
- Interviews met diverse betrokkenen.
- Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: locatiebezoek door onderzoekers van de Onderzoeksraad en Kiwa Technology.

In dit rapport wordt daarnaast naar bepaalde factoren en citaten uit de overige tien illustratieve ongevallen verwezen om de koolmonoxideproblematiek te duiden. Niet per ongeval gespecificeerd is hier weergegeven uit welke bronnen de informatie over deze ongevallen afkomstig is:

Openbare informatie: internet (zoals mediaberichten, incidentmeldingen, informatie op internetfora, openbare onderzoeksrapporten en weergegevens KNMI), GoogleEarth, medische vakbladen, gerechtelijke uitspraken.

Niet-openbare documenten: antwoord op schriftelijke vragen gesteld aan het OM, processen-verbaal politieonderzoeken, foto's politiedossiers, incidentrapporten meldkamer en brandweer, niet-openbare onderzoeksrapporten (NFI, Kiwa Technology), bouwtekeningen, antwoord op schriftelijke vragen gesteld aan behandelend artsen, passages uit medische dossiers.

Interviews: nabestaanden, bewoners, eigenaren, beheerders, betrokken installateurs.

Onderzoek locatie/installatie door of in opdracht van de Onderzoeksraad: enkele locatiebezoeken door onderzoekers van de Onderzoeksraad en Kiwa Technology.

A.5 Interviews en expertsessies

In het kader van dit onderzoek hebben ongeveer vijftig interviews plaatsgevonden met betrokken partijen en direct betrokkenen bij koolmonoxideongevallen. Dit waren semi-structureerde interviews, die werden vastgelegd in een verslag dat de geïnterviewde kon controleren op onjuistheden en voor akkoord tekende.

Daarnaast heeft de Onderzoeksraad drie expertsessies georganiseerd met diverse betrokken partijen. Het doel van de bijeenkomsten was om met de partijen te praten over hun rol bij het voorkomen van koolmonoxideongevallen en hun ervaringen daarbij.

De volgende thema's stonden daarbij op de agenda:

- Visie op de problematiek;
- Verantwoordelijkheden: wat is realistisch om van de bewoner/woningeigenaar te verwachten?
- Verantwoordelijkheden: wat mag van de (vakbekwame) installateur worden verwacht?
- Wat kan het bedrijfsleven doen en wat moet de overheid regelen?
- Oplossingen: techniek (toestel, installatie, detectie), bewustwording en gedrag, hulpverlening.

Tijdens deze expertsessies werd de methodiek Group Decision Room (GDR) toegepast.¹⁶¹

Voor een goed beeld van de genoemde thema's heeft de Onderzoeksraad gekozen voor een brede vertegenwoordiging. In de expertsessies zaten:

- bewoners en woningeigenaren;
- de installatiebranche;
- de industrie (toestellen, rookgasafvoer, koolmonoxidemelders);
- de bouwsector;
- kennispartijen, erkenningsregelingen en certificeerders;
- de hulpverlening en medische zorg;
- overheden.

Dit is tevens een afspiegeling van partijen waarmee interviews hebben plaatsgevonden.

A.6 Enquête installateurs

Uit de expertsessie kwam een aantal zaken naar voren waarvoor de Onderzoeksraad extra onderbouwing zocht. Hiertoe heeft het projectteam een enquête samengesteld en bij 168 installateurs uitgezet.

In eerste instantie zijn 34 installateurs telefonisch benaderd. Zij waren geselecteerd op basis van locatie (vier per provincie), omvang vestigingsplaats (twee grote steden en twee dorpen), en gespreid naar kwaliteitslabel (SEI, Sterkin, BRL 6000 en UNETO-VNI lidmaatschap). De respons was zo laag dat het projectteam heeft besloten om installateurs per e-mail aan te schrijven en uit te nodigen deel te nemen aan de internetenquête. De tweede selectie van 134 installateurs was willekeuriger en alleen gebaseerd op de openbare registers van de kwaliteitslabels. Op de enquête reageerden 46 respondenten, waarvan 23 de complete vragenlijst hebben ingevuld en de rest gedeeltelijk.

A.7 Begeleidingscommissie en projectteam

De Onderzoeksraad heeft voor dit onderzoek een begeleidingscommissie in het leven geroepen. Deze bestond uit externe leden met voor het onderzoek relevante deskundig-

¹⁶¹ Group Decision Room (GDR) is een innovatieve en effectieve manier van brainstormen, waarbij deelnemers tegelijkertijd per computer reageren op stellingen en vragen. Vervolgens worden de (anonieme) resultaten direct daarna plenair besproken en waar nodig toegelicht.

heid en had een lid van de Raad als voorzitter. De externe leden hadden op persoonlijke titel zitting in de begeleidingscommissie. Gedurende het onderzoek is deze commissie vier keer bijeengekomen om met de Raad en het projectteam van gedachten te wisselen over de opzet en de resultaten van het onderzoek. De commissie vervulde een adviserende rol binnen het onderzoek. De Raad is eindverantwoordelijk voor het rapport en de aanbevelingen.

De begeleidingscommissie bestond uit de volgende personen:

prof. mr. dr. E.R. Muller (voorzitter)	Raadslid Onderzoeksraad voor Veiligheid
ir. H.L.J. Noy	Buitengewoon Raadslid Onderzoeksraad voor Veiligheid
prof. mr. dr. E.F. ten Heuvelhof	Hoogleraar Bestuurskunde
prof. dr. ir. H.J. Visscher	Hoogleraar Woningkwaliteit en procesinnovatie
ing. S.J.M. Wevers MCD	Voorzitter Brandweer Nederland
prof. ir. W. Zeiler	Hoogleraar Installatietechniek

Het projectteam bestond uit de volgende personen:

dr. E.K. Verolme	Onderzoeksmanager
ir. M. Baart MPS	Projectleider
ir. A.J. Tromp	Onderzoeker
P.H. van der Zwan	Onderzoeker
drs. A. van der Kolk MPS	Adviseur Onderzoek en Ontwikkeling

Het projectteam werd ondersteund door een toxicoloog van TNO (onderdeel: gezondheidseffecten en detectie) en gastechnische experts van Kiwa Technology (onderdeel: technisch ongevalsonderzoek en helpdeskvragen over technische aspecten).

REACTIES OP INZAGECOMMENTAAR

Een inzageversie van dit rapport is, zoals bepaald in de Rijkswet Onderzoeksraad voor veiligheid, voorgelegd aan de betrokken partijen. Deze partijen is gevraagd het rapport te controleren op feitelijke onjuistheden en onduidelijkheden. De volgende betrokken partijen hebben een reactie gegeven op de inzageversie van dit rapport:

- Minister van Wonen en Rijksdienst
- Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
- Ondernemersorganisatie voor de installatiebranche en technische detailhandel (UNETO-VNI)
- Vereniging van fabrikanten van verwarmingsketels (VFK)
- Nederlandse Haarden- en Kachelbranche (NHK)
- Vereniging van Nederlandse Fabrieken van Gasafvoerleidingsystemen (RoGaFa)
- VEBON-NOVB: brancheorganisatie met 175 gespecialiseerde bedrijven/leveranciers met (technische) oplossingen voor brandveiligheids- en beveiligingsvraagstukken in Nederland
- Stichting Kwaliteit voor Installaties Nederland (KvINL)
- Stichting Sterkin
- Stichting SCIOS; certificatie voor inspectie en onderhoud aan technische installaties
- Zelfstandigen Bouw - Keurmerk Kwaliteitsvakman
- Netbeheer Nederland
- Kiwa Nederland

Aan een aantal betrokkenen bij de vijf illustratieve ongevallen die in hoofdstuk 2 van dit rapport zijn gepresenteerd, is een passage over het betreffende ongeval voorgelegd. De vraag hierbij was om de passage te controleren op feitelijke onjuistheden en onduidelijkheden. Overigens hebben niet alle direct betrokkenen een inzagereactie gegeven. De betrokkenen waren:

- bewoners en/of eigenaren van de betrokken woningen/gebouwen;
- nabestaanden van dodelijke slachtoffers (gebruikers van de verbrandingsinstallatie);
- de betrokken installateur c.q. het betrokken installatiebedrijf.

De binnengekomen reacties zijn op de volgende manier verwerkt:

- Correcties van feitelijke onjuistheden, aanvullingen op detailniveau en redactioneel commentaar heeft de Raad (als dat relevant was) overgenomen. Deze tekstdelen zijn in het rapport aangepast. Deze reacties zijn niet afzonderlijk vermeld.

- Als de Onderzoeksraad reacties niet heeft overgenomen, wordt toegelicht waarom de Raad daartoe heeft besloten. Deze reacties en de toelichting daarop zijn opgenomen in een tabel die te vinden is op de website van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (www.onderzoeksraad.nl).

TOELICHTING VERBRANDINGSINSTALLATIES

C.1 Hoe koolmonoxide ontstaat in het verbrandingsproces

Bij volledige verbranding van koolstofhoudende stoffen zoals hout, kunststof en fossiele brandstoffen (aardolie, aardgas, steenkool), reageert de koolstof (C) met zuurstof (O₂) en wordt kooldioxide (CO₂) gevormd. Door een tekort aan zuurstof kan onvolledige verbranding plaatsvinden, waarbij er minder CO₂ wordt geproduceerd en in plaats hiervan koolmonoxide (CO) ontstaat. Voor CO is namelijk een zuurstofatoom minder nodig dan voor CO₂. Onvolledige verbranding kan ook het gevolg zijn van een te lage verbrandings-temperatuur. De verbrandingstemperatuur bepaalt namelijk in welke kleinere moleculen of atomen een brandstof ontleedt. Bij een te koude verbranding kan koolmonoxide als 'tussenproduct' ontstaan. Koolmonoxide is brandbaar en giftig en daarnaast kleur-, geur- en smaakloos (dus niet waarneembaar door personen¹⁶²). Dit onderzoek gaat niet in op de brandbaarheid van koolmonoxide, maar wel op de giftigheid ervan (zie bijlage E).

C.2 Relevante verbrandingstoestellen

Er is een groot aantal verbrandingsapparaten/-toestellen/-installaties¹⁶³ waarvan het gebruik tot de productie van koolmonoxide kan leiden. Aangezien dit onderzoek zich (voornamelijk) richt op ongevallen in huiselijke omgeving, zijn voor dit onderzoek met name de volgende toestellen (mogelijk) relevant:¹⁶⁴

- verwarmingsapparatuur: cv-ketel, (open) haard, kachel;
- warmwaterapparatuur: geiser, boiler;
- kooktoestellen: fornuis/gasstel, oven, barbecue;
- overige apparaten/stroomopwekkers: aggregaat(/generator), motorvoertuig, werktuig.

In paragraaf 2.1 zijn foto's van deze apparaten opgenomen.

De diverse apparaten verschillen onder andere in doel (voor verwarming, warmwater, koken of overig), type brandstof (vaste brandstof zoals hout, houtskool of houtpellets;¹⁶⁵ vloeistof zoals petroleum of brandbare gel; gas zoals aardgas of propaan) en opstelling

¹⁶² Bij onvolledige verbranding kunnen ook andere verbrandingsproducten vrijkomen die wel herkenbaar zijn via bijvoorbeeld reuk. Die kunnen een indicatie zijn dat koolmonoxide aanwezig is. Dit hoeft echter niet het geval te zijn.

¹⁶³ De termen toestel en apparaat worden hier door elkaar gebruikt. Het woord installatie wordt gebruikt om een groter geheel aan te duiden, zoals een apparaat inclusief de hierop aangesloten toe- en afvoerleidingen.

¹⁶⁴ Elektrische apparaten (zoals een elektrische boiler) vallen hier niet onder, aangezien de eventuele verbranding voor de opwekking van elektriciteit (met mogelijk bijbehorend risico op vrijkomen van koolmonoxide) elders plaatsvindt.

¹⁶⁵ Geperste houtkorrels.

(vast zoals een open haard of cv en los zoals een campinggasstel). Ook verschillen de apparaten in de werking en wijze van toevoer van de benodigde verbrandingslucht (O_2) en de afvoer van de verbrandingsgassen (rookgassen). Een *open verbrandingstoestel* is een toestel dat voor de verbranding gebruikmaakt van lucht uit de ruimte waarin het toestel staat opgesteld. Hierbij kunnen de rookgassen in dezelfde ruimte vrijkomen (*afvoerloos open toestel*) of via een afvoer naar buiten worden geleid (*afvoergebonden open toestel*). Een *gesloten verbrandingstoestel* beschikt over een eigen toe- en afvoerleiding, zodat de verbrandingslucht van buiten de ruimte afkomstig is en de rookgassen naar buiten worden afgevoerd.

C.3 Technische details luchttoevoer en rookgasafvoer

De toevoer van verbrandingslucht en afvoer van rookgassen van gesloten toestellen kunnen op verschillende manieren uitgevoerd zijn. De toe- en afvoer kunnen uit twee afzonderlijke leidingen bestaan. In dat geval wordt gesproken van een parallel systeem. De tegenhanger van het parallelle systeem is het concentrische systeem met een buiten- en een binnenleiding. De binnenleiding functioneert als rookgasafvoer. De verbrandingslucht wordt toegevoerd door de ruimte tussen de buitenleiding en de binnenleiding. Veel cv-ketels in Nederland hebben een apart aansluitpunt voor de toevoer en een apart aansluitpunt voor de afvoer, omdat het parallelle systeem veel voorkomt. Als op een dergelijke ketel een concentrische afvoer aangesloten wordt, wordt een zogenoemd broekstuk gebruikt voor de overgang tussen de twee aansluitpunten op de ketel en de concentrische toe- en afvoer. Het tegenovergestelde komt overigens ook voor (een broekstuk om van één aansluitpunt naar twee buizen te gaan).

Voor de toe- en afvoerleiding kunnen verschillende materialen gebruikt worden. Met name het materiaalgebruik voor de afvoer heeft zich in de geschiedenis ontwikkeld. Aan de hand van de ontwikkeling van de cv-ketels is dit hieronder toegelicht.

Bij een kolengestookte kachel werd gebruikgemaakt van een stalen afvoer, waarbij de relatief hete gassen door thermische trek¹⁶⁶ naar buiten stroomden. Toen er op aardgas werd overgegaan kon aluminium worden toegepast, omdat de temperatuur van deze rookgassen lager was dan van kolen. De gassen waren nog wel heet genoeg om, zelfs bij niet volledige luchtdichte buizen, door natuurlijke trek naar buiten te stromen. De komst van de VR-ketels in de jaren 70 had invloed op de afvoer. Door het verbeterde rendement daalden de rookgastemperaturen en verminderde daarmee de thermische trek.¹⁶⁷ Hierdoor werd het rookgasdicht ('luchtdicht') maken van de afvoerbuizen (bijvoorbeeld door tape of luchtdichte pakkingen) van belang en werden er ventilatoren in het toestel of in de afvoer geplaatst om de luchtstroming te realiseren. De komst van de HR-ketels in de jaren 80 introduceerde een nieuw probleem. Door de nog lagere temperatuur van de rookgassen kan condensatie optreden. Door het zure karakter is het condensaat zo agressief dat dunwandige aluminium buizen relatief snel corroderen en gaten vertonen ('doorroesten'). Vandaar dat voor HR-ketels inmiddels dikwandige aluminium rookgas-

¹⁶⁶ Luchtstroming door luchtdrukverschillen, veroorzaakt door temperatuurverschillen. Dit wordt ook wel 'natuurlijke trek' genoemd. De tegenhanger hiervan is 'mechanische afvoer', veroorzaakt door bijvoorbeeld een ventilator.

¹⁶⁷ De rookgassen waren minder warm, omdat er meer warmte de woning inging (verbeterd rendement) en minder met de rookgassen naar buiten stroomde.

afvoerleidingen nodig zijn. Naast aluminium worden ook kunststof afvoerleidingen toegepast; afhankelijk van het toegepaste kunststof kan dit materiaal zeer goed bestand zijn tegen het agressieve condensaat. Ook (hoogwaardig) roestvrij staal en verzinkt staal worden toegepast. Het zuurgehalte van het condensaat verschilt per brandstof en kan zelfs per gassoort/-kwaliteit verschillen.

Hieruit volgt dat niet elk materiaal even geschikt is voor elk type verbrandingstoestel. Momenteel komen naast HR-ketels, ook VR- en conventionele ketels nog voor. Daarnaast worden ook diverse soorten kachels gebruikt. Omdat toe- en afvoer los van een toestel verkocht mogen worden, is het gebruik van een geschikt systeem een punt van aandacht.

Naast het materiaal van de afvoerleiding is ook van belang hoe deze is geïnstalleerd:

- De verhouding tussen de lengte van de horizontale en verticale delen beïnvloedt de werking van de afvoer. Een groot horizontaal deel veroorzaakt weerstand, dus een verminderde uitstroom van gassen; een grote verticale lengte (hoogteverschil) vergroot de thermische trek en bevordert daarmee de werking van de afvoer.
- De mate waarin de horizontale delen onder afschot liggen, beïnvloedt het ontstaan van 'plasjes' condensaat en beïnvloedt hierdoor de mate waarin lokaal corrosie optreedt. Overigens kan corrosie ook op de verticale delen optreden.

Ook voor de toevoerleiding worden diverse materialen gebruikt. Zowel in parallelle als concentrische systemen kan het materiaal van de toevoer verschillen van dat van de afvoer (bijvoorbeeld kunststof en aluminium).

De diverse beschikbare toe- en afvoersystemen verschillen van elkaar op onder andere de volgende vlakken:

- Hanteerbaarheid en gemak waarmee geïmproviseerd kan worden: sommige systemen beschikken over flexibele leidingen waarmee diverse bochten gemaakt kunnen worden.
- Installatiegemak: sommige systemen vereisen meer ondersteuning (beugels) dan andere systemen.
- Gevoeligheid voor vervorming/zettingen van het gebouw, lekkage en losraken van aansluitingen: in sommige systemen worden de leidingen slechts in elkaar geschoven, terwijl in andere systemen de afzonderlijke delen door middel van een vergrendeling aan elkaar vastgemaakt worden.
- Duurzaamheid: bij sommige systemen bepaalt de wanddikte de duurzaamheid (corrosie vindt plaats, maar het moment van corroderen wordt door de extra dikte uitgesteld); bij andere systemen is de duurzaamheid geborgd door een materiaal dat bestand is tegen agressief condensaat.

MECHANISME ONGEVALLLEN MET KOOLMONOXIDE

Voor het vrijkomen van koolmonoxide in een woning (of ander gebouw¹⁶⁸) zijn twee gebeurtenissen noodzakelijk:

1. de verhoogde productie van koolmonoxide;
2. het terechtkomen van koolmonoxide in een woning.

Verskillende mechanismen kunnen deze gebeurtenissen veroorzaken en beïnvloeden. Het optreden van de mechanismen wordt weer veroorzaakt en beïnvloed door een groot aantal factoren.

D.1 Productie koolmonoxide

Koolmonoxide komt alleen vrij in een woning, als een verbrandingstoestel dit produceert.¹⁶⁹ Dit kan een verbrandingsapparaat zijn in de woning zelf, maar ook in een andere woning (of ander gebouw). Als het koolmonoxide via een afvoerleiding adequaat naar buiten wordt afgevoerd, komt er geen koolmonoxide terecht in de woning. Productie van koolmonoxide door een verbrandingsapparaat leidt dus niet per definitie tot het vrijkomen van koolmonoxide in de woning, maar is wel een vereiste hiervoor.

Er zijn diverse mechanismen die ervoor zorgen dat een verbrandingsapparaat koolmonoxide produceert. Een verbrandingsapparaat kan koolmonoxide gaan produceren,¹⁷⁰ als:

- I. Het apparaat zelf niet goed functioneert (bijvoorbeeld door vervuiling, een defect onderdeel of een verkeerde afstelling van de verhouding brandstof-zuurstof);
- II. De brandstoftoevoer van buiten het apparaat niet in orde is of als de brandstof zelf niet geschikt is voor het apparaat. Door een te hoge gasdruk kan er bijvoorbeeld te veel gas toegevoerd worden. Of als er een ander soort brandstof wordt gebruikt dan waar het apparaat op ingesteld is, verschilt de vooraf ingestelde van de benodigde brandstof-zuurstofverhouding van het apparaat;
- III. De zuurstoftoevoer van buiten het apparaat beperkt is of ontbreekt (bijvoorbeeld door een blokkade of breuk in de luchttoevoerleiding bij een gesloten toestel of door het ontbreken of dichtgezet zijn van luchttoevoerroosters bij een open toestel). Hier valt ook recirculatie onder, waarbij het toestel de zuurstofarme rookgassen aanzuigt.

¹⁶⁸ In het vervolg van de tekst wordt nog slechts gesproken over 'woning'; er kan ook 'gebouw' gelezen worden.

¹⁶⁹ Overige scenario's waarbij CO wordt geproduceerd, zoals brand of roken, zijn niet betrokken in het onderzoek.

¹⁷⁰ Bedoeld is hier een verhoogde productie; ook een goed functionerend apparaat kan enige CO produceren, dat wordt hier niet bedoeld. De nummering correspondeert met de figuren in D.5.

D.2 Terechtkomen koolmonoxide in woning

Door de volgende mechanismen, of een combinatie daarvan, kan geproduceerde koolmonoxide in een woning terechtkomen:

1. Als het apparaat in open verbinding staat met de woning (bijvoorbeeld omdat het een open, afvoerloos toestel is of door een gat in het apparaat);
2. Als de woning in open verbinding staat met het binnen de woning gelegen deel van de rookgasafvoerleiding (bijvoorbeeld door een slechte aansluiting van de leiding op het apparaat);
3. Als de afvoervoorziening niet functioneert (bijvoorbeeld door een blokkade in de rookgasafvoerleiding of doordat de ventilator kapot is);
4. Als de woning in open verbinding staat met het buiten de woning gelegen deel van de afvoerleiding (bijvoorbeeld doordat materiaal is weggeroest of doordat de leiding slecht aansluit op de schachtwand of bij bochten);
5. Recirculatie, waarbij afgezogen rookgassen (per ongeluk) elders naar binnen geblazen worden (bijvoorbeeld door aansluiting van een rookgasafvoerleiding op een ventilatiekanaal of door een te beperkte afstand tussen een luchttoevoerpunt en de locatie waar de afvoer uitkomt);
6. Als een woning in open verbinding staat met een andere woning (bijvoorbeeld direct via kieren in vloeren of indirect via spouwen, schachten of buitenom).

Deze mechanismen leiden er veelal toe dat koolmonoxide vrijkomt in de woning waarin het koolmonoxide geproduceerd wordt. Het is echter ook mogelijk dat er koolmonoxide vrijkomt in een andere woning. Of (en in welke concentratie) koolmonoxide terechtkomt in een ruimte, hangt ook af van drukverschillen en bijhorende luchtstromingen.

D.3 Drukverschil en luchtstroming

Koolmonoxide is een gas. In tegenstelling tot wat veelal beweerd wordt, is koolmonoxide niet zwaarder maar iets lichter dan lucht.¹⁷¹ Als koolmonoxide deel uitmaakt van de totale stroom van rookgassen, stijgt het samen met deze gassen recht op, als de omgevingslucht kouder is en stilstaat. In werkelijkheid staat de lucht in een woning veelal niet stil. Deze wordt beïnvloed door drukverschillen vanwege de a) wind,¹⁷² b) mechanische installaties (bijvoorbeeld gebouwventilatie, afzuigkap) en c) temperatuurverschillen (warme lucht is lichter/heeft een lagere dichtheid dan koude lucht). Dit kan de stroming van de rookgassen en van de verbrandingslucht beïnvloeden. Bij vrijwel alle hierboven beschreven mechanismen spelen de verschillen in luchtdruk (die zich uiten in luchtstromingen) of juist het gebrek hieraan een rol. Hierdoor kan de koolmonoxideconcentratie op een bepaalde plaats in een ruimte per moment variëren en kan de blootstelling van bewoners aan koolmonoxide per dag verschillen.

¹⁷¹ De dichtheid van lucht is 1,29 kg/m³, terwijl bij dezelfde temperatuur en luchtdruk (respectievelijk 20°C en 1 atm) de dichtheid van CO 1,25 kg/m³ bedraagt (bron: Polytechnisch zakboekje).

¹⁷² De winddruk (of -zuiging) op een gevel of dak van een gebouw leidt in de praktijk veelal tot drukverschillen en bijhorende luchtstromingen in een gebouw, doordat er openingen in de gevel of het dak zitten (zoals kieren, ventilatioosters, ramen, deuren en schoorstenen).

D.4 Concentratie koolmonoxide

De uiteindelijke concentratie koolmonoxide die aanwezig is in een (verblijfs)ruimte van een woning op enig moment, hangt af van:

- de mate (concentratie en tijdsduur) waarin het apparaat koolmonoxide produceert;
- hoe het koolmonoxide in de ruimte vrijkomt (volumestroom rookgassen die in de woning terechtkomen, en hoe deze zich door de woning verplaatsen);
- het volume van de ruimte en de ventilatie van die ruimte.

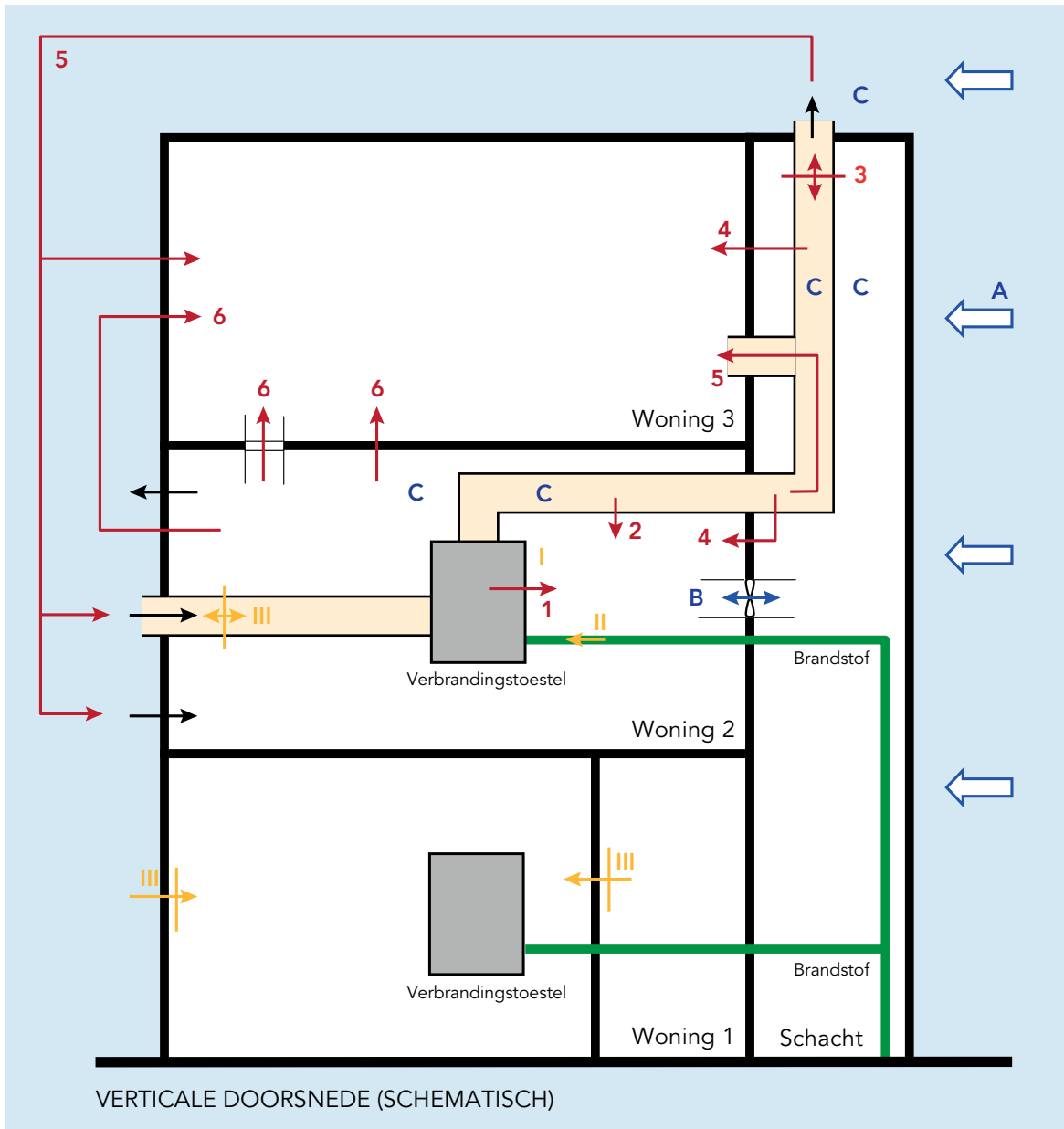
Hier wordt niet dieper op dit onderwerp ingegaan. Het vrijkomen van (een significante hoeveelheid¹⁷³) koolmonoxide in een ruimte wordt als ongewenst gezien.¹⁷⁴

D.5 Overzicht mechanismen koolmonoxideongevallen

In deze principeschets (verticale doorsnede van een woongebouw) zijn de gebeurtenissen en mechanismen zoals beschreven in paragrafen D.1 tot en met D.4 schematisch weergegeven.

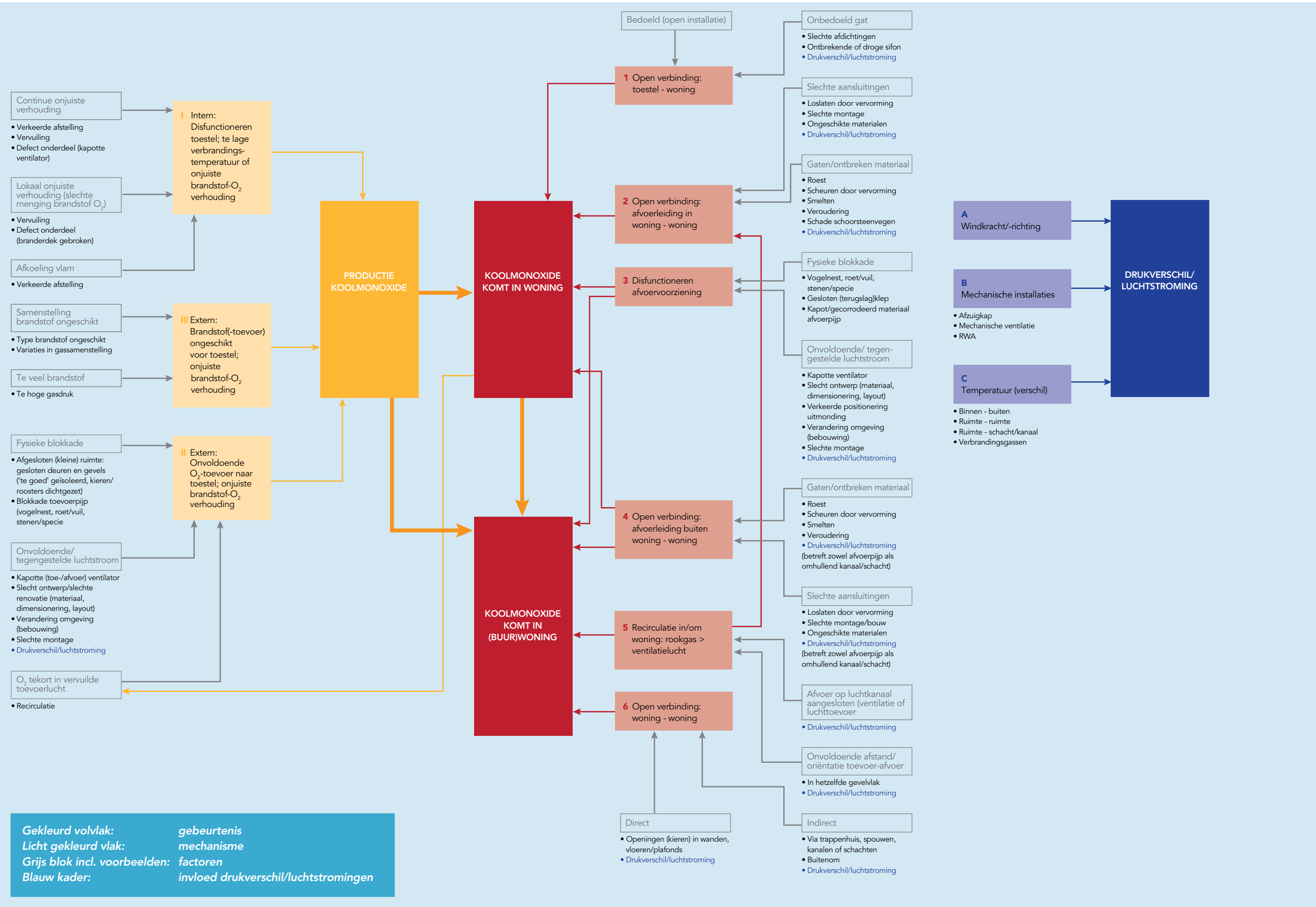
¹⁷³ Met significant is hier een hoeveelheid bedoeld die tot gezondheidsschade leidt, bijvoorbeeld meer dan de grenswaarde voor 8 uur blootstelling: 25 ppm. Zie ook de memo 'Gezondheidskundige aspecten'.

¹⁷⁴ De exacte concentratie hangt van zeer veel factoren af, terwijl de toegevoegde waarde van gedetailleerde informatie op dit punt voor het onderzoek relatief beperkt is.



Principeschets.

In het volgende schema zijn de beschreven gebeurtenissen (volvlak met witte letters), mechanismen (lichtgekleurd vlak met gekleurde letters) en factoren (grijze kaders en letters, en in kleinschrift voorbeelden) opgenomen. Omdat drukverschil bij vrijwel alle mechanismen op de achtergrond meespeelt is dit als extra gebeurtenis, mechanisme en als achterliggend kader weergegeven (in blauw).



GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN KOOLMONOXIDE

E.1 Introductie

Koolmonoxide (molecuulformule: CO) ontstaat bij onvolledige verbranding van 'koolstofhoudende' materialen. Koolmonoxide is een giftig gas. De hoeveelheid ervan in de lucht is uit te drukken als concentratie per volume, in procenten of in ppm's.¹⁷⁵ Het is normaal dat in onze leefomgeving een achtergrondconcentratie tot circa 5 ppm koolmonoxide aanwezig is. In ruimten waar gerookt wordt, verbrandingsapparatuur staat en bij snelwegen kan deze concentratie hoger zijn (circa 15 ppm).¹⁷⁶ De uitstoot van een niet goed functionerende verbrandingsinstallatie kan meer dan 30.000 ppm (3 procent) bedragen. Een koolmonoxidepercentage dat duidelijk hoger ligt dan genoemde achtergrondconcentraties, wordt *verhoogd percentage* genoemd. In dit rapport wordt hiervan gesproken bij een overschrijding van de grenswaarde 25 ppm.

Koolmonoxide kan door inademing in het lichaam terechtkomen. De giftige invloed ervan is voornamelijk hypoxisch¹⁷⁷ van aard. Koolmonoxide wordt vanuit de longen snel opgenomen in het bloed, waar het zich onder andere bindt aan het hemoglobine (Hb). Dit is een eiwit dat zuurstof aan zich bindt, door het lichaam transporteert en aan diverse weefsels afgeeft. Koolmonoxide bindt zich naar schatting 230 maal zo sterk aan Hb als zuurstof. Door de bindingsplaatsen voor zuurstof te bezetten, ontvangen de weefsels te weinig zuurstof. Het percentage carboxyhemoglobine (% COHb) in het bloed geeft aan hoeveel procent van de bindingsplaatsen bezet is en geeft de mate van vergiftiging aan.¹⁷⁸ Het zuurstoftekort beschadigt weefsels en leidt tot mechanismen¹⁷⁹ die vervolgschade aanbrengen. Deze schade is vooral neurotoxisch van aard en tast het zenuwstelsel aan.

¹⁷⁵ Parts per million (ppm) is een maat voor concentratie. Eén ppm is hetzelfde als een miljoenste deel, 10.000 ppm komt dus overeen met een honderdste deel ofwel een procent. Concentratie geeft aan hoeveel stof (bijvoorbeeld koolmonoxide) er is opgelost per hoeveelheid oplossing (bijvoorbeeld lucht). Concentratie is dus een relatief begrip dat is samengesteld uit twee hoeveelheden, namelijk de opgeloste stof en het oplosmiddel. Concentraties kunnen gebaseerd zijn op diverse grootheden. Het volumeaandeel van een stof kan gegeven worden, maar ook bijvoorbeeld het massa-aandeel. De koolmonoxideconcentraties (in ppm's of %) in dit rapport geven het volumeaandeel van het koolmonoxide in de lucht/rookgassen aan.

¹⁷⁶ Piekoncentraties aan drukke wegen in de spits kunnen nog hoger liggen, tot ongeveer 150 ppm.

¹⁷⁷ Tot zuurstoftekort leidend (hypoxie = gebrek aan zuurstof).

¹⁷⁸ Het lichaam produceert ook zelf koolmonoxide, wat resulteert in een achtergrondgehalte COHb in het bloed van ongeveer 0,5 procent.

¹⁷⁹ Zoals de productie van melkzuur en zuurstofradicalen.

E.2 Koolmonoxidevergiftiging

Werkingsmechanisme koolmonoxidevergiftiging

Personen kunnen acuut (plotseling) of chronisch (langdurig) worden blootgesteld aan koolmonoxide. Weefsels die veel zuurstof nodig hebben, zoals de hersenen en het hart, zijn het gevoeligst voor koolmonoxidevergiftiging. Hier treden normaalgesproken dan ook de eerste effecten op bij blootstelling aan koolmonoxide. Bij hoge gehalten COHb (ruwweg vanaf 50 procent) kan coma intreden en kan de persoon overlijden door schade aan hart, zenuwstelsel (inclusief hersenen) of het stoppen van de ademhaling. Acute effecten die hieraan voorafgaan zijn: hoofdpijn, misselijkheid, overgeven, duizeligheid, dubbelzien, vermoeidheid, geheugenverlies, concentratiestoornissen en flauwvallen. Acute effecten bij lagere blootstelling omvatten deels dezelfde symptomen maar ook: zware maag, druk op het hoofd, spierzwakte, neurologische effecten zoals het optreden van tintelingen en stemmingsveranderingen. De zelfredzaamheid van personen neemt af bij vergiftiging. Zo kan een COHb-concentratie van meer dan 20 procent al leiden tot bijvoorbeeld desoriëntatie of in slaap vallen, waardoor een persoon zichzelf niet in veiligheid kan brengen en de vergiftiging toeneemt met mogelijk overlijden tot gevolg. Chronische blootstelling aan lage gehalten kan effect hebben op onder andere het hart-vaatstelsel.

Mate van vergiftiging

Het is lastig om een eenduidige relatie te leggen tussen de concentratie koolmonoxide in de lucht, de concentratie COHb in het bloed en het gezondheidseffect. Hierbij spelen namelijk meer factoren een rol, zoals de duur van de blootstelling, de mate van inspanning tijdens blootstelling, de latentietijd¹⁸⁰ van effecten en interferentie met blootstelling aan andere giftige stoffen. Ook verschillen individuen in gevoeligheid. Extra gevoelig zijn hart- en vaatpatiënten, astma- en longpatiënten, ouderen, zwangere vrouwen, foetussen¹⁸¹ en personen die al eerder blootgesteld zijn aan een verhoogd percentage koolmonoxide of andere schadelijke stof.

De laagste concentratie waarbij gezondheidseffecten zijn waargenomen bij volwassenen, ligt op een COHb-gehalte van 2,4 procent. Dit komt overeen met een continue blootstelling aan circa 14 ppm koolmonoxide in de lucht: Een lichte verhoging van de natuurlijke achtergrondconcentraties kan dus al negatieve effecten veroorzaken. Tabel 5 toont ter illustratie het effect van verschillende koolmonoxideconcentraties. Omdat een eenduidige dosis-effectrelatie niet te geven is, zijn de waarden indicatief van aard.¹⁸²

¹⁸⁰ Tijd die verloopt tussen blootstelling aan een prikkel (zoals koolmonoxide) en het optreden van een reactie.

¹⁸¹ Een foetus kan al ernstige schade oplopen (zoals verstoringen in de mentale ontwikkeling) en zelfs overlijden, bij een blootstelling die nog niet dodelijk is voor de moeder.

¹⁸² De waarden geven een ordegrrootte weer, zijn samengevat en/of gemiddeld uit meerdere bronnen en afgerond.

Effect	Concentratie lucht	Concentratie persoon
Normale omstandigheden	5 ppm	1% COHb
Eerste effecten bij kwetsbare personen	15 ppm	2,5% COHb
Grenswaarde arbeidsomstandigheden	< 25 ppm	< 4% COHb
Neuropsychologische veranderingen ¹⁸³	30 - 150 ppm	5 - 20% COHb
Acute bedreiging ¹⁸⁴ & behandeling nodig	> 150 ppm	> 20% COHb
Coma & zeer waarschijnlijk overlijden	> 500 ppm	> 50% COHb

Tabel 5: Relatie dosis en effect koolmonoxide (indicatief)¹⁸⁵

Natuurlijk herstel en behandeling

Uitscheiding van koolmonoxide vindt grotendeels plaats via de ademhaling. Dit kost tijd, waardoor na het stoppen van de blootstelling letsel nog kan toenemen. De halfwaardetijd van koolmonoxide in het bloed¹⁸⁶ is vijf à zes uur. Behandeling met 100 procent zuurstof verlaagt de halfwaardetijd tot twee à drie uur. Zuurstofbehandeling onder hoge druk kan de halfwaardetijd nog verder reduceren. Behandeling met zuurstof heeft zin als de blootstelling minder dan 24 uur ervoor plaatsvond.

Gezondheidsschade

Door koolmonoxidevergiftiging kunnen personen reversibel (omkeerbaar) en irreversibel (onomkeerbaar) letsel oplopen. De omvang van het letsel na vergiftiging wordt onder andere bepaald door de mate van het zuurstofgebrek dat is opgetreden. Het volgende letsel is tijdelijk of blijvend mogelijk: concentratieproblemen, vergeetachtigheid, persoonlijkheidsverandering, psychose, verstoringen in gezicht en gehoor, moeite met spreken en lopen, trillingen, incontinentie, duizeligheid en vermoeidheid. De sterftkans van een overlevende van een ernstige vergiftiging kan daarnaast bovengemiddeld zijn. Tot slot zijn psychische klachten mogelijk door een aangetast gevoel van veiligheid.

E.3 Diagnostiek

Het diagnosticeren van koolmonoxidevergiftiging is lastig. Door fluctuaties in blootstelling kunnen symptomen per dag verschillen en 'ongrijpbaar' zijn. Dit wordt versterkt doordat er door individuele verschillen bijvoorbeeld binnen een gezin verschillende symptomen kunnen optreden. De symptomen zelf zijn niet-specifiek: bij vermoeidheid, misselijkheid, hoofdpijn en stemmingsveranderingen liggen veelvoorkomende oorzaken zoals griep, stress, depressie meer voor de hand. Dit geldt vooral voor symptomen van

¹⁸³ Zoals een verminderde fijne motoriek en sensomotoriek (bijvoorbeeld oog-handcoördinatie), verminderde cognitieve prestaties (leren, alertheid, autorijden), veranderingen van gezicht, gehoor en elektrische hersenactiviteit.

¹⁸⁴ Acuut of vertraagd optreden van neurologische effecten (hoofdpijn, duizeligheid, slaperigheid, zwakte, misselijkheid, overgeven, verwardheid, desoriëntatie, geïrriteerdheid, gezichtsstoornissen, stuip trekkingen, coma).

¹⁸⁵ Vertaald/samengevat uit ATDSR, 2012, *Toxicological profile for carbon monoxide*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

¹⁸⁶ De tijd die het lichaam nodig heeft om het gehalte van een schadelijke stof in het lichaam (in dit geval carboxyhemoglobine) tot de helft te reduceren, door uitscheiding of afbraak.

blootstelling aan lage concentraties en voor letsel dat zich pas na lange tijd uit. Het aantonen van koolmonoxidevergiftiging wordt daarnaast bemoeilijkt door de tijd tussen blootstelling en het bezoek aan een medisch hulpverlener. Bij het inademen van verse lucht daalt immers het COHb-gehalte in het bloed. Na 24 uur is de vergiftiging niet meer traceerbaar. Daarnaast beschikt niet elke medisch hulpverlener over apparatuur om koolmonoxide voldoende nauwkeurig te detecteren.¹⁸⁷

¹⁸⁷ In ziekenhuizen kan bloedonderzoek uitgevoerd worden. Voor huisartsen en ambulancemedewerkers is bloedonderzoek te specialistisch. Wel zijn eenvoudigere maar onnauwkeurige meetinstrumenten beschikbaar om koolmonoxide in bloed of lucht te detecteren.

RESULTATEN AANVULLEND ONDERZOEK NAAR ONGEVAL 2

In opdracht van de Onderzoeksraad heeft Kiwa Technology onderzoek uitgevoerd naar 'Ongeval 2: Jonge meisjes in badkamer'. De bevindingen heeft Kiwa opgenomen in een rapport. In deze bijlage zijn delen uit dit rapport samengevat.

Onderzoeksvragen

Doel van het onderzoek was vaststellen wat de technische oorzaak was van het ongeval (productie van het koolmonoxide en het terechtkomen ervan in de badkamer) en in hoeverre de technische situatie afweek van vigerende wet- en regelgeving. De volgende onderzoeksvragen zijn aan Kiwa Technology gesteld:

- Wat was de bron van de (verhoogde) koolmonoxideproductie?
- Wat was de oorzaak van de koolmonoxideproductie, welke factoren speelden hierbij een rol en wat was de relevantie van deze factoren voor de koolmonoxideproductie?
- Via welke route is het koolmonoxide in de badkamer gekomen?
- Wat was de oorzaak van het verplaatsen van het koolmonoxide via deze route, welke factoren speelden hierbij een rol en wat was de relevantie van deze factoren voor het verplaatsen van het koolmonoxide via deze route?
- Hoe verhiel de situatie ten tijde van het ongeval zich tot de toen geldende wet- en regelgeving, tot niet wettelijke (praktijk)richtlijnen en tot nu geldende wet- en regelgeving? En wat was de relevantie van eventuele tekorten voor het ongeval?

In de loop van het onderzoek is, aan de hand van de bevindingen en het parallel verlopende onderzoek van de Raad naar andere koolmonoxideongevallen, op aangeven van de Raad op bepaalde vragen meer en op andere minder nadruk komen te liggen.

Samenvatting technisch onderzoek Kiwa Technology

Op 17 maart 2015 heeft Politie Midden-Nederland, op verzoek van de Onderzoeksraad, de geiser van ongeval 2 tijdelijk ter beschikking gesteld aan de Onderzoeksraad voor het verrichten van technisch onderzoek aan het toestel. De Onderzoeksraad heeft het toestel tijdelijk aan Kiwa Technology overgedragen voor het verrichten van dit onderzoek.

Over de geiser

Enkele gegevens van de geiser, volgens het typeplaatje:

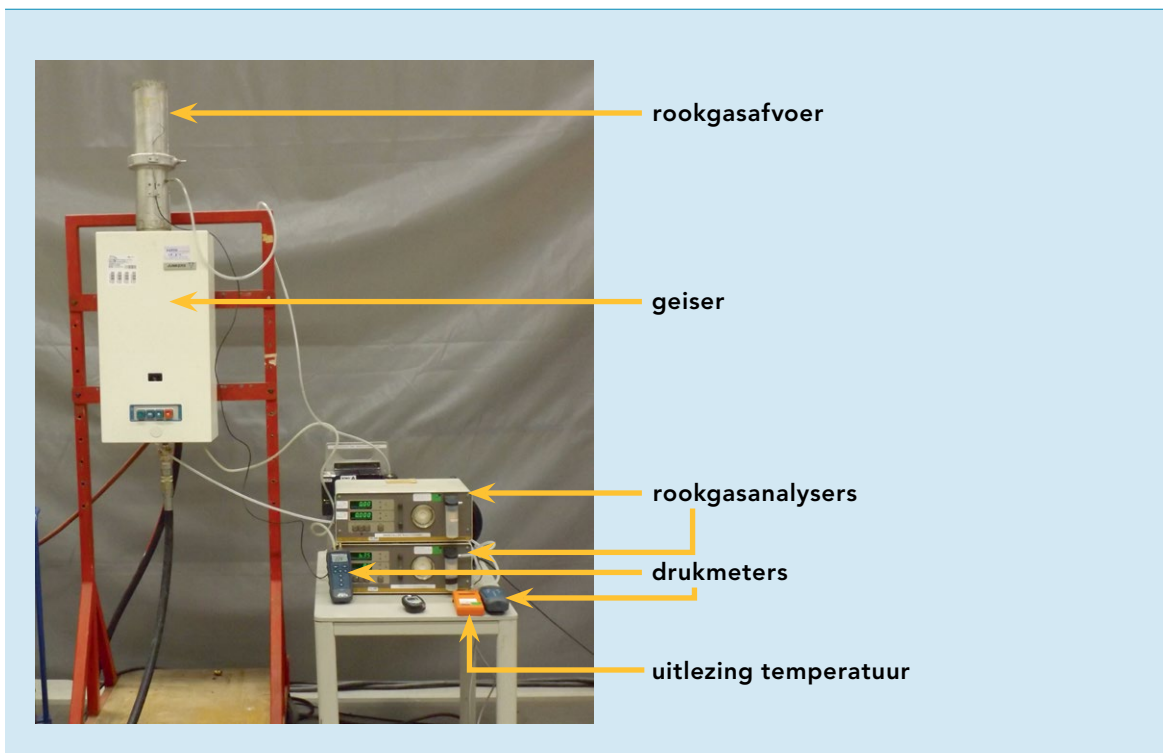
- aardgas;
- nom. belasting: 22,0 kW (bovenwaarde);
- nom. vermogen: 17,5 kW;
- min. waterdruk: 0,4 bar.

In de geiser staat een stempel met de datum 28 augustus 1987, waarschijnlijk is dit de fabricagedatum.

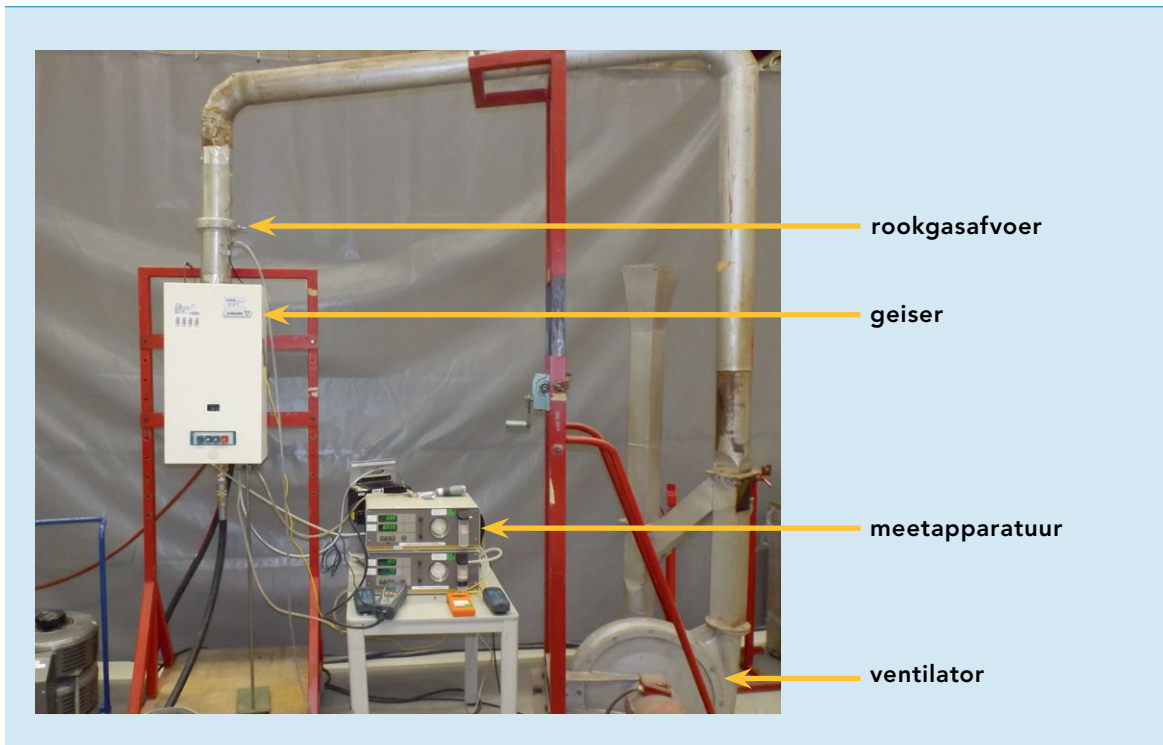
Over het onderzoek

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden heeft Kiwa Technology een groot aantal tests uitgevoerd met de geiser, die voorzien werd van een rookgasafvoer. De tests vonden plaats op 1 en 9 april 2015 in het laboratorium van Kiwa in Apeldoorn. Naar aanleiding van de resultaten van een eerste serie tests is contact geweest tussen Kiwa en de Onderzoeksraad en is besloten een aantal aanvullende tests uit te voeren. Deze zijn op 1 mei 2015 uitgevoerd.

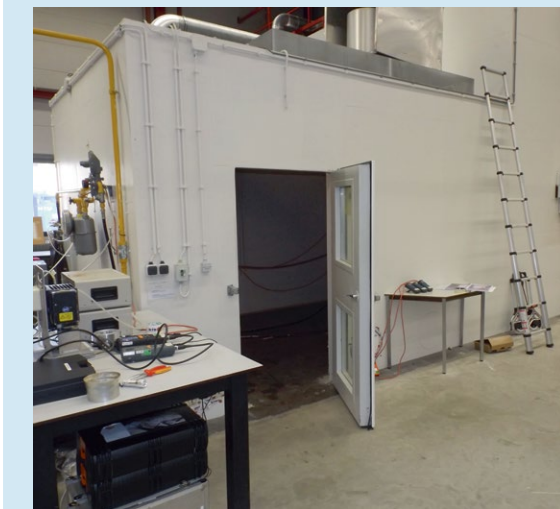
Onderstaande foto's tonen de diverse testopstellingen waarvan gebruik is gemaakt.



Figuur 25: Meetopstelling in laboratoriumhal. (Bron: Kiwa)



Figuur 26: Meetopstelling neerwaartse luchtstroming in laboratoriumhal. (Bron: Kiwa)



Figuur 27: Verstikkingsruimte waarin een ruimte kan worden nagebootst, qua omvang en ventilatie. (Bron: Kiwa)



Figuur 28: Meetopstelling in verstikkingsruimte. (Bron: Kiwa)

Beschrijving uitgevoerde tests en testresultaten

1) Werking geiser onder normale condities (laboratoriumhal en verstikkingsruimte)

Initiële metingen zijn uitgevoerd in de laboratoriumhal en in een verstikkingsruimte om het normale gedrag van de geiser vast te leggen. Bij het onderzoek in de laboratorium-

hal¹⁸⁸ vertoonde de geiser een licht verhoogde uitstoot van koolmonoxide, CO_{luchtvrij} bedroeg 215 ppm in de rookgasafvoer (118 ppm CO in de afvoer).¹⁸⁹ Dit is te kwalificeren als een licht verhoogde uitstoot.

Bij het onderzoek in de verstikkingsruimte (luchtdichte ruimte) met een geopende deur bedroeg het gehalte CO_{luchtvrij} na 10 minuten 530 ppm (220 ppm CO in de afvoer). Dit is te kwalificeren als een matig verhoogde uitstoot CO.

Vastgesteld werd dat de warmtewisselaar een lichte vervuiling vertoonde. Dit aspect is aanvullend onderzocht (zie test 9).

2) Werking TTB bij stagneren van de rookgasafvoer (laboratoriumhal)

Onderzocht werd of de geiser uitschakelt, als de rookgasafvoer stagneert. De geiser is hiertoe uitgevoerd met een zogenoemde thermische terugslagbeveiliging (TTB). De vrije doorlaat van de rookgasafvoer werd half afgesloten en de geiser werd in vollast in bedrijf genomen. De geiser ging na circa 2 minuten uit bedrijf. De proef werd herhaald door de rookgasafvoer driekwart en geheel af te sluiten. De geiser ging in beide gevallen na 1,5 minuten uit bedrijf. De proef werd herhaald door de rookgasafvoer geheel af te sluiten met de geiser in laagstand. De geiser ging na 2,7 minuten uit bedrijf. Er werd geconcludeerd dat de TTB naar behoren functioneert, aangezien deze volgens het installatievoorschrift binnen 2 minuten moet uitschakelen als de afvoer geheel geblokkeerd is, met de geiser in vollast.

3) Werking TTB bij neerwaartse luchtstroming in de rookgasafvoer (laboratoriumhal)

De reactie van de TTB op een neerwaartse stroming in de rookgasafvoer werd onderzocht met verschillende neerwaartse lichtsnelheden in de afvoer. Deze neerwaartse luchtstromingen werden gerealiseerd door een ventilator aan te sluiten op de rookgasafvoer van de geiser. Uit het onderzoek bleek dat de geiser niet uit bedrijf ging bij neerwaartse luchtstromingen in de rookgasafvoer van 1 m/s tot en met 10 m/s. Tijdens de metingen bleek dat de rookgassen voornamelijk aan de bovenzijde uit het toestel stromen. Als alleen de waakvlam brandde, werd deze niet gedoofd bij deze lichtsnelheden. Bij een neerwaartse lichtsnelheid van 0,7 m/s schakelde de geiser wel uit, waarschijnlijk door een ingreep van de TTB.

4) Invloed van neerwaartse luchtstroming in de rookgasafvoer op de verbranding (laboratoriumhal)

Om een beeld te krijgen wat het effect is van een neerwaartse luchtstroming op de vorming van koolmonoxide werd dit onderzocht bij lichtsnelheden van 1 m/s tot en met 8 m/s. Hierbij bleek dat de uitstoot van koolmonoxide toeneemt naarmate de lichtsnelheid stijgt. Vooral vanaf snelheden van 4 m/s en hoger neemt de uitstoot boven in de geiser extreme waarden aan, van circa 0,07 procent (700 ppm) bij 4 m/s tot 0,55 procent (5500 ppm) bij 6 m/s en 0,3 procent (3000 ppm) bij 8 m/s.

¹⁸⁸ Getest werd zowel bij maximale belasting (vollast/hooglast) als minimale belasting (laagstand/laaglast) van het toestel.

¹⁸⁹ Met de term 'luchtvrij' is hier bedoeld dat omgerekend is naar onverdunde rookgassen. Dit is de concentratie CO zonder (vrij van) meegevoerde lucht.

5) Invloed van neerwaartse luchtstroming in de rookgasafvoer op de verbranding (verstikkingsruimte)

Bij de metingen in de laboratoriumhal zoals hiervoor genoemd, werden de rookgassen die (via andere openingen dan de rookgasafvoer) uit de geiser stroomden, afgevoerd door het ventilatiesysteem van de laboratoriumhal. De metingen met terugstromende lucht uit de voorgaande paragraaf zijn herhaald in de verstikkingsruimte, om een beeld te krijgen van het effect van het uitstromen van verbrandingsgas in de opstellingsruimte, waardoor de verbrandingslucht vervuild raakt met verbrandingsgas (recirculatie). De inhoud van de ruimte werd ingesteld op de kleinst mogelijke inhoud voor deze meting: circa 12,5 m³. De bijkeuken waaruit de geiser afkomstig is, was circa 11 m³. Uit de metingen volgt dat bij neergaande luchtsnelheden van 1, 1,5, 2 en 4 m/s een zeer snelle toename van koolmonoxide in de ruimte plaatsvindt. Na 12 minuten ligt de concentratie in de ruimte bij elke snelheid tussen circa 0,4 en 0,6 procent (4000 en 6000 ppm). Boven in het toestel is op dat moment circa 1,25 tot 1,45 procent (12.500 tot 14.500 ppm) aanwezig.

Uit alle tests met een neerwaartse luchtstroming in de afvoer blijkt dat bij luchtsnelheden tussen 1 en 8 m/s er zeer snel een zeer hoge concentratie wordt gevormd.

6) Invloed van beperkte luchttoevoer op de geiser (verstikkingsruimte)

Onderzocht werd of een beperkte luchttoevoer kan leiden tot het uitstromen van verbrandingsgas in de opstellingsruimte, en hoe dit van invloed is op de verbranding. De inhoud van de ruimte werd ingesteld op de kleinst mogelijke inhoud voor deze meting: 32 m³. De bijkeuken waaruit de geiser afkomstig is, was circa 11 m³. Bij deze metingen werd de luchttoevoer stapsgewijs verminderd van 80 cm² (dit correspondeert met de situatie waarin de luchttoevoer naar de geiser plaatsvindt door een spleet van 1 cm onder een gesloten 0,8 m brede deur) tot 24 cm² (het moment van uitschakelen van de geiser). Bij geen van deze metingen stroomden er rookgassen in de ruimte. Tijdens deze metingen bedroeg de uitstoot koolmonoxide in de rookgasafvoer tussen de 300 en 540 ppm CO, met een uitschieter naar 770 ppm bij een doorlaat van 24 cm².

7) Invloed van verschillende gasdrukken (verstikkingsruimte)

De invloed van verschillende gasdrukken op de werking van de geiser is onderzocht in de verstikkingsruimte met geopende deur. De inhoud van de ruimte werd ingesteld op de kleinst mogelijke inhoud voor deze meting: circa 32 m³. In normale situaties varieert de gasdruk in woningen tussen de 20 en 30 mbar. Als de huisdrukregelaar defect is, kan de gasdruk oplopen tot maximaal 100 mbar. Uit het onderzoek bleek dat bij normale variatie van de gasdruk (20 tot 30 mbar) er bij gasdrukken hoger dan 26 mbar een overmatige hoeveelheid CO in de rookgasafvoer ontstaat: circa 200 ppm CO bij 26 mbar tot circa 900 ppm bij 30 mbar. Bij een gasdruk van 50 mbar was de uitstoot extreem hoog: 14.600 ppm CO.

8) Invloed van correcte afstelling branderdruk geiser bij verschillende gasdrukken (verstikkingsruimte)

Het toestel stond afgesteld op een te hoge branderdruk, tussen de 6,3 en 6,9 mbar (opgave fabrikant is 5,6 mbar¹⁹⁰ bij 25 mbar gasdruk). Het afstelpunt was nog verzegeld (dus de branderdruk was nog nooit bijgesteld¹⁹¹). Voor dit onderzoek werd de zegel van het afstelpunt verbroken en de branderdruk van de geiser werd bijgesteld/verlaagd door de stelschroef circa een kwartslag rechtsom te verdraaien. De geiser werd nog niet gereinigd. De test werd uitgevoerd in dezelfde opstelling als test 7. Na het bijstellen van de branderdruk en bij normale variatie van de gasdruk (20 tot 30 mbar) bleek de geiser relatief schoon te branden in het gebied tussen 20 mbar en 28 mbar: 0 ppm CO in de rookgasafvoer bij 20 mbar tot circa 100 ppm bij 28 mbar. Bij een gasdruk van 50 mbar ontstond een overmatige hoeveelheid CO: circa 8100 ppm CO.

9) Invloed van reinigen geiser bij verschillende gasdrukken (verstikkingsruimte)

De geiser en de onderdelen leken op het oog niet zo vuil. Met perslucht werd echter toch veel stof uit de brander en venturi geblazen.¹⁹² Bij de VATO¹⁹³ is er vuil aangetroffen bij de instroomopeningen. Op de warmtewisselaar werd iets aanslag van stof en kalk aangetroffen. De aangetroffen vervuiling kan met grote waarschijnlijkheid in circa drie maanden gebruik zijn ontstaan.¹⁹⁴ Na reiniging van de geiser, bij correct ingestelde branderdruk en bij normale variatie in de geleverde gasdruk, bleek de geiser vrijwel zonder productie van CO te branden. De test werd uitgevoerd in dezelfde opstelling als test 7. Bij 50 mbar voordruk (in het geval van een defecte huisdrukregelaar) ontstaat nog steeds een overmatige CO uitstoot in de rookgasafvoer van 1200 tot 1400 ppm.

Analyse scenario's vrijkomen CO

De Onderzoeksraad heeft Kiwa gevraagd om aan de hand van de testresultaten en aanvullende informatie¹⁹⁵ de technische oorzaak van het ongeval te bepalen en de bijdrage van diverse factoren hieraan in te schatten. De in deze analyse betrokken elementen zijn in de volgende tabellen benoemd, samen met de hierbij horende mechanismen (de nummering van mechanismen correspondeert met figuur 5 uit dit rapport):

¹⁹⁰ Er staat niet op de geiser hoe hoog de branderdruk moet zijn. Echter uit een installatievoorschrift (Ju 730/2 NL) voor dit type uit het archief van Kiwa Technology blijkt dat de branderdruk 5,6 mbar moet zijn bij 25 mbar geleverde gasdruk.

¹⁹¹ Bijstellen van de branderdruk kan gedaan worden bij onderhoud aan de geiser als reactie op verloop van de branderdruk door gebruik/slijtage of als reactie op een fout van de fabriek (minder vaak voorkomend scenario).

¹⁹² Het is niet bekend of en in welke mate de geiser gedurende de opslag sinds het ongeval vervuild is geraakt.

¹⁹³ Valwindafleider/Trekonderbreker.

¹⁹⁴ De geiser was drie maanden voor het ongeval onderhouden.

¹⁹⁵ Door de Onderzoeksraad verstrekte informatie afkomstig van de in bijlage A.4 benoemde bronnen.

Oorzaak productie koolmonoxide:

Elementen betrokken in analyse	Mogelijk mechanisme
<ul style="list-style-type: none"> Disfunctioneren van geiser in de bijkeuken Disfunctioneren cv-ketel in de bijkeuken 	Disfunctioneren toestel (I)
<ul style="list-style-type: none"> Defect van de huisdrukregelaar (te hoge gasdruk) 	Brandstoftoevoer ongeschikt voor het toestel (II)
<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende voorzieningen voor toevoer van verbrandingslucht naar de bijkeuken Recirculatie van rookgassen in de bijkeuken 	Onvoldoende zuurstof naar het toestel (III)

Oorzaak terechtkomen koolmonoxide in de badkamer:

Elementen betrokken in analyse	Mogelijk mechanisme
<ul style="list-style-type: none"> Open verbinding tussen geiser en bijkeuken Open verbinding tussen cv-ketel en bijkeuken (plus een open verbinding tussen de bijkeuken en badkamer) 	Open verbinding: toestel - woning (1)
<ul style="list-style-type: none"> Open verbinding tussen rookgasafvoer geiser en bijkeuken Open verbinding tussen rookgasafvoer cv en bijkeuken (plus een open verbinding tussen de bijkeuken en badkamer) 	Open verbinding: afvoerleiding in woning - woning (2)
<ul style="list-style-type: none"> Disfunctioneren rookgasafvoer geiser (door fysieke blokkade, onvoldoende of een tegengestelde luchtstroom) Disfunctioneren rookgasafvoer cv (door fysieke blokkade, onvoldoende of een tegengestelde luchtstroom) (plus een open verbinding tussen de bijkeuken en badkamer) 	Disfunctioneren afvoervoorziening (3)
Geen	Open verbinding: afvoerleiding buiten woning - woning (4)
<ul style="list-style-type: none"> Via het badkamerraam naar binnen komen van rookgassen afkomstig uit de rookgasafvoer van de geiser Via het badkamerraam naar binnen komen van rookgassen afkomstig uit de rookgasafvoer van de cv 	Recirculatie in/om de woning (5)
Geen	Open verbinding: woning - woning (6)

Om te bepalen wat de technische oorzaak was van het ongeval zijn bovenstaande elementen, de testresultaten en door de Onderzoeksraad verstrekte aanvullende informatie gecombineerd en geanalyseerd. Zo viel het scenario van het de woning inkomen van koolmonoxide via het badkamerraam af, omdat dit raam zeer waarschijnlijk gesloten was tijdens het ongeval. Bovendien was gezien de positie van de uitmonding van de afvoer ten opzichte van het dakraam, bij de heersende windkracht en -richting (te) veel verdunning van de rookgassen te verwachten. Een defecte gasdrukregelaar of een tekort aan luchttoevoer naar de bijkeuken had tot een verhoogde koolmonoxide-productie kunnen leiden, maar verklaart niet dat het koolmonoxide in de badkamer terechtkwam. En een scenario waarin de cv en niet de geiser een cruciale rol speelde, was niet aannemelijk. Tijdens onderzoek de dag na het ongeval bleek namelijk dat de concentratie koolmonoxide in de badkamer snel steeg na het aanzetten van de geiser.

Door het combineren van de beschikbare gegevens kwam Kiwa tot de volgende conclusie.

'Uit het onderzoek van Kiwa is gebleken dat een verhoogde concentratie CO vrijwel zeker is ontstaan als gevolg van een neergaande luchtstroming in de rookgasafvoer van de geiser, veroorzaakt door wind en de plaats van de uitmonding dicht bij een hoger opgaande gevel en dak. Dit heeft geleid tot het uitstromen van verbrandingsgas in de bijkeuken. De verhoogde koolmonoxidevorming werd veroorzaakt door zowel deze neergaande stroming op zichzelf, als het feit dat de geiser de met rookgas vervuilde verbrandingslucht uit de bijkeuken trok (recirculatie). Deze leidden tot een zeer snelle en sterke toename van koolmonoxide in de bijkeuken. Via de waskoker kon het rookgas zich naar de badkamer verplaatsen.

De geiser vertoont onder normale omstandigheden een matig verhoogde uitstoot van koolmonoxide, echter in verhouding tot de uitstoot bij neergaande luchtstroming is deze uitstoot gering. De matig verhoogde uitstoot werd veroorzaakt door een te hoge branderdruk (verzegeld in aangetroffen situatie) van de geiser en vervuiling van de geiser.'

Regelgeving in relatie tot het ongeval

De Onderzoeksraad wilde weten in hoeverre het ongevalscenario dat in de woning plaatsvond door regelgeving afgedekt was en is. Op verzoek van de Raad heeft Kiwa uitgezocht welke voorschriften er golden in de jaren 80 tijdens het vermoedelijke moment van aanleg van de geiser met afvoer¹⁹⁶ en de bouw van de bijkeuken, en ten tijde van het ongeval in 2012.

Het leggen van een relatie tussen de regelgeving en het ongeval is ingewikkeld, omdat zowel de situatie in de woning in de loop der tijd gewijzigd is (van bouwkundige tot installatietechnische wijzigingen) als de bouwregelgeving. Vandaar dat hier slechts op hoofdlijnen ingegaan is op de belangrijkste oorzaken van productie en verspreiding van het koolmonoxide. Kort is aangegeven hoe deze aspecten zich verhouden tot huidige/verhielden tot vroegere regelgeving:

- Disfunctioneren van de rookgasafvoer bij de heersende windkracht en -richting: de positionering van de uitmonding van de rookgasafvoer week af van de eisen die in de jaren 80 hieraan gesteld werden en van de aangescherpte eisen op dit gebied die in 2012 golden.
- Open verbinding tussen de bijkeuken (met geiser) en de badkamer en de rest van de woning: in samenhang met de uitmonding van de afvoer van de geiser golden er in de jaren 80 beperkingen voor openingen tussen de opstellingsruimte (hier: de bijkeuken) en de badkamer met mechanische afvoer en de rest van de woning. Inmiddels (en in 2012) kent het Bouwbesluit (inclusief onderliggende voorschriften) geen eis die de aanwezigheid van openingen tussen opstellingsruimte en badkamer expliciet verbiedt.

¹⁹⁶ Vermoedelijk omdat dit plaatsvond onder vorige bewoners van de woning.

RESULTATEN AANVULLEND ONDERZOEK NAAR ONGEVAL 5

De Onderzoeksraad heeft een onderzoek uitgevoerd naar 'Ongeval 5: Ventilatiesysteem en recent onderhouden stookinstallatie'. Het ongeval betrof de productie van koolmonoxide en het terecht komen ervan in een klaslokaal. In deze bijlage wordt beschreven hoe het onderzoek is uitgevoerd en welke bevindingen zijn gedaan.

Het doel van het onderzoek was om vast te stellen wat de technische oorzaak van het ongeval was. Daarnaast wilde de Onderzoeksraad zich een beeld vormen van de omstandigheden waaronder dit ongeval kon plaatsvinden.

Samenvatting onderzoek

Op 17 juli 2014 zijn drie onderzoekers van de Onderzoeksraad alsmede een medewerker van Kiwa Technology ter plaatse geweest op de ongevalslocatie. Na de kennismaking met medewerkers van de school werden de onderzoekers en de medewerker van Kiwa Technology begeleid naar het schoolgebouw van de scholengemeenschap waar het ongeval had plaatsgevonden.

De onderzoekers kregen daarbij op de eerste verdieping de technische ruimte zien waar onder andere de verbrandingsinstallatie stond. Toegelicht werd uit welke onderdelen de installatie bestond en gaf inzage in de (technische) documenten alsmede de historie van het onderhoud. De installatie was door de onderhoudsmonteur op de dag van het ongeval uitgezet en sindsdien niet meer in gebruik genomen. Ter plaatse zijn de relevante documenten ingezien en is de informatie vergeleken met de instellingen van de installatie. Tijdens het bezoek van de technische ruimte zijn foto's gemaakt van (onderdelen van) de installatie alsmede van verschillende documenten.

Na het bezoek van de technische ruimte bekeken de onderzoekers de verschillende (les) ruimten op de derde verdieping van het schoolgebouw, waar metingen zijn verricht door de brandweer en waar verhoogde concentraties koolmonoxide zijn gemeten. In het lokaal voor praktijklessen koken werd het ventilatiesysteem bekeken dat zich boven het plafond bevond. Ook hierbij zijn foto's gemaakt.

Aansluitend is vanuit een ruimte op de derde verdieping het dak betreden om de verschillende onderdelen van het verbrandings- en ventilatiesysteem te bekijken. Daarbij is de rookgasafvoerleiding van de verbrandingsinstallatie met een camerasysteem geïnspecteerd.

Naast het technische onderzoek werden installatietekeningen en andere relevante documenten betreffende de verbrandingsinstallatie bekeken.

Al eerder (op 8 juli 2014, de dag van het ongeval) had de brandweer op basis van metingen op het dak vastgesteld dat het afgevoerde verbrandingsgas bovendaks wordt aangezogen door het ventilatietoevoersysteem van de leslokalen.

Bevindingen uit het onderzoek ter plaatse:

- Het cv-toestel is een zogenaamd open toestel. Het toestel onttrekt haar verbrandingslucht aan de stookruimte. Deze is geventileerd middels een natuurlijke luchttoevoer (roosters).
- Het cv-toestel is voorzien van een ventilatorbrander. Dit type brander gebruikt een ventilator voor de toevoer van verbrandingslucht naar de brander en voor het mengen van gas en verbrandingslucht.
- Deze ventilatorbrander is voorzien van een beveiliging die de installatie uitschakelt wanneer het verbrandingsluchttransport onder de ingestelde waarde daalt.
- De stookinstallatie werd jaarlijks onderhouden. Het laatste periodiek onderhoud heeft ongeveer een maand voorafgaand aan het ongeval plaatsgevonden.
- Naar aanleiding van het periodiek onderhoud kwam de monteur op 3 juli 2014 onderdelen van de stookinstallatie vervangen. Daarbij trof de monteur de stookinstallatie in storing aan. In het onderhoudsrapport van de stookinstallatie en in het logboek was aangetekend dat op deze dag de beveiliging van de verbrandingsluchttoevoer van de brander naar beneden was bijgesteld. Deze instelling werd ook aangetroffen op de installatie zelf.
- De leverancier van de brander heeft op 10 juli 2014 de brander opnieuw afgesteld.
- Volgens het logboek was er sprake van een defecte motor. Waarschijnlijk betrof dit de motor van de branderventilator.
- Op het dak werden zowel de uitmonding van de verbrandingsinstallatie als de inlaat van het ventilatiesysteem aangetroffen dat de lesruimten van verse lucht voorziet.
- Er zijn geen bijzonderheden en/of afwijkingen geconstateerd bij de visuele inspectie (camera) van de rookgasafvoer van de stookinstallatie.
- Bij het raadplegen van de documenten op kantoor van de school ontbrak het EBI-rapport van de verbrandingsinstallatie.

Op basis van het onderzoek werden de volgende conclusies getrokken:

- Niet de oorzaak van het luchttekort werd door de monteur weggenomen maar de beveiliging hierop.
- Daardoor kon er zuurstofgebrek ontstaan in de brander, met als gevolg van koolmonoxidevorming.
- De rookgassen van het cv-toestel werden buiten op het dak aangezogen door het ventilatietoevoersysteem van de leslokalen. Daardoor kon het koolmonoxidegas in de leslokalen terechtkomen.
- Door het ontbreken van het EBI-rapport (ook wel: basisverslag) had de monteur geen beschikking over de grenswaarde (in dit geval: de minimale waarde waarop de luchttransportbeveiliging mocht zijn ingesteld).

RESULTATEN ANALYSE DATABASE KOOLMONOXIDEONGEVALLEN

Deze bijlage geeft inzicht in de analyse van de koolmonoxideongevallen in de database van de Onderzoeksraad (periode 2012-2014). De informatie in de database is grotendeels afkomstig uit een enquête verstuurd aan bewoners van *vermoedelijke* ongevallen met koolmonoxide. Ook ongevallen die de Onderzoeksraad zelf heeft onderzocht, staan in de database. Zie bijlage A.3 voor meer informatie over de gehanteerde onderzoeks aanpak.

Paragraaf H.1 geeft de representativiteit weer van de respondenten van de bewoners-enquête. In H.2 tot en met H.5 zijn de cijfers gepresenteerd van de 114 daadwerkelijke koolmonoxideongevallen uit de database. Cijfers zijn gepresenteerd in grafieken en tabellen. Deze worden voorafgegaan door informatie over het aantal ongevallen waarop de cijfers zijn gebaseerd (n) en een kwantificering van de categorie 'onbekend'. De cijfers zijn in dit rapport voornamelijk gebruikt om onderlinge verhoudingen weer te geven, waarbij de categorie 'onbekend' buiten beschouwing is gelaten. Als de omvang van de categorie 'onbekend' meer dan een derde (33 procent) is, is een inschatting gemaakt van de invloed ervan op de betrouwbaarheid van de verhoudingen. Voor sommige onderwerpen zijn de cijfers gebaseerd op het totaal aantal ongevallen van 114, vaak is gebruikgemaakt van een deelverzameling, zoals enkel cv-ketels, geisers en kachels/haarden. Dit is per onderwerp aangegeven. Van sommige onderwerpen zijn, ter vergelijking, de onderlinge verhoudingen binnen Nederland weergegeven.¹⁹⁷ In paragraaf H.6 staat een schatting van absolute aantallen niet-dodelijke slachtoffers.

H.1 Vergelijking respondenten met non-respondenten

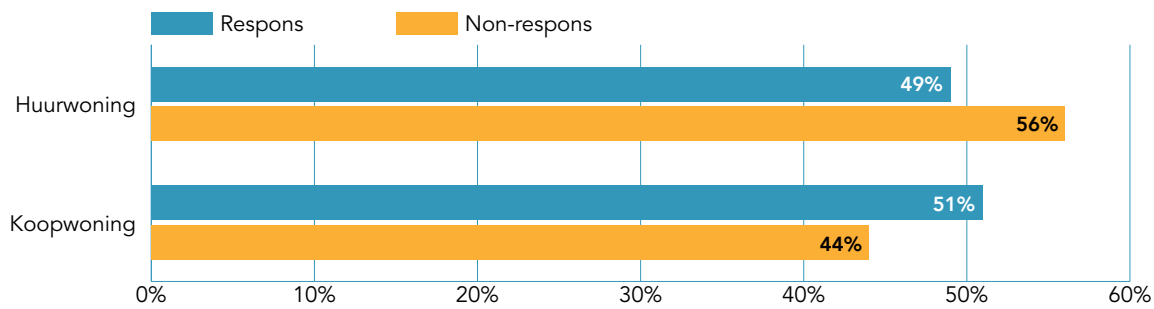
Zoals beschreven in bijlage A.3 is er nagegaan of de respons op de enquête representatief is. Hiervoor zijn de kenmerken van de woningen van de respondenten (respons) vergeleken met de kenmerken van de woningen van de bewoners die niet hebben gereageerd (non-respons). In de volgende grafieken staat een deel van de resultaten. Per grafiek is aangegeven hoeveel woningen vergeleken zijn van zowel de respondenten als non-respondenten.¹⁹⁸ Dit is aangeduid met n_{respons} en $n_{\text{non-respons}}$.

¹⁹⁷ Deze getallen zijn gebaseerd op diverse bronnen (website CBS, Cijfers over wonen en bouwen 2013 van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Cijfers voortgang uitfasering open-verbrandings-toestellen van TU Delft, Woningvoorraad, uniformiteit in verscheidenheid, 2013 van Kennisbank bestaande Woning Bouw, Analyse van de module Energie WoOn 2012 van ECN & Rigo.

¹⁹⁸ Niet van elke woning zijn alle kenmerken bekend. Vandaar dat het aantal vergeleken woningen verschilt per kenmerk.

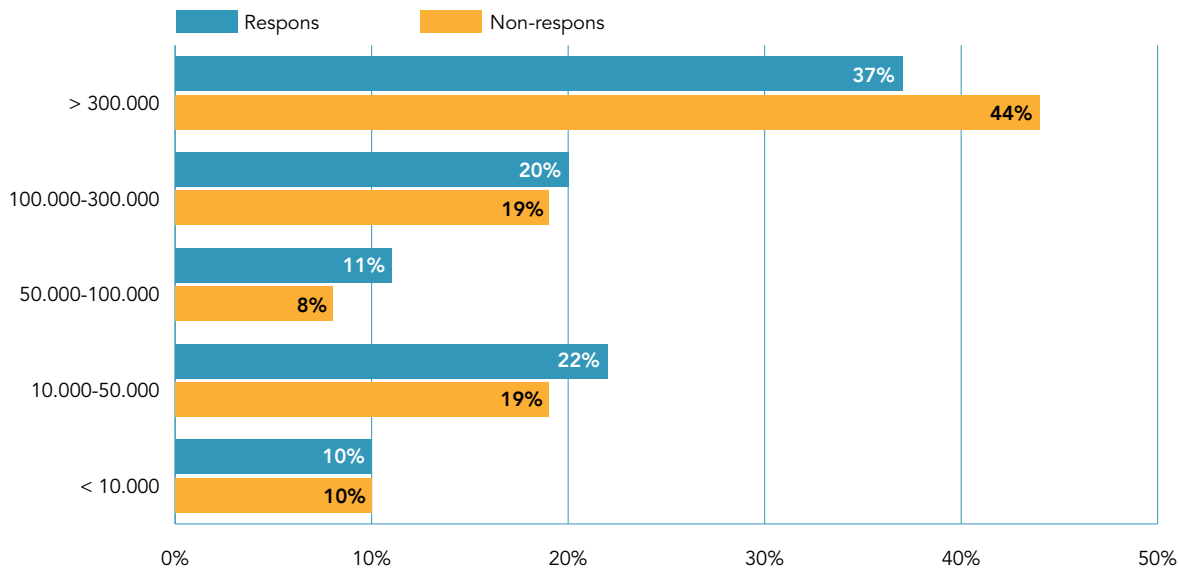
Grafieken vergelijking respons met non-respons

Eigendom woning



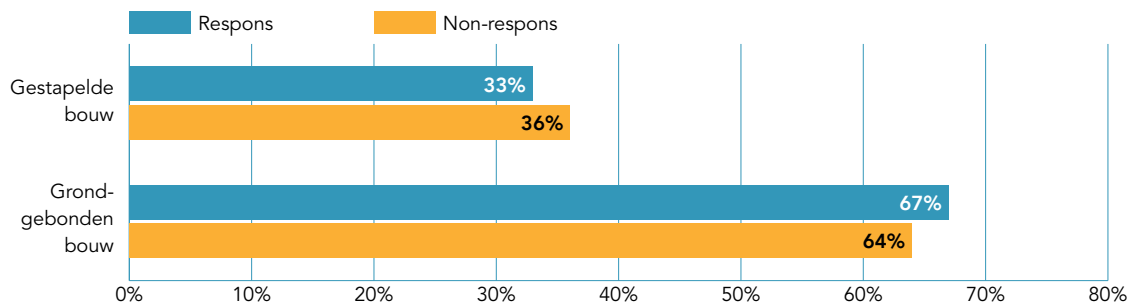
Figuur 29: Eigendom ($n_{\text{non-respons}} = 613$, $n_{\text{respons}} = 234$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Inwoneraantallen



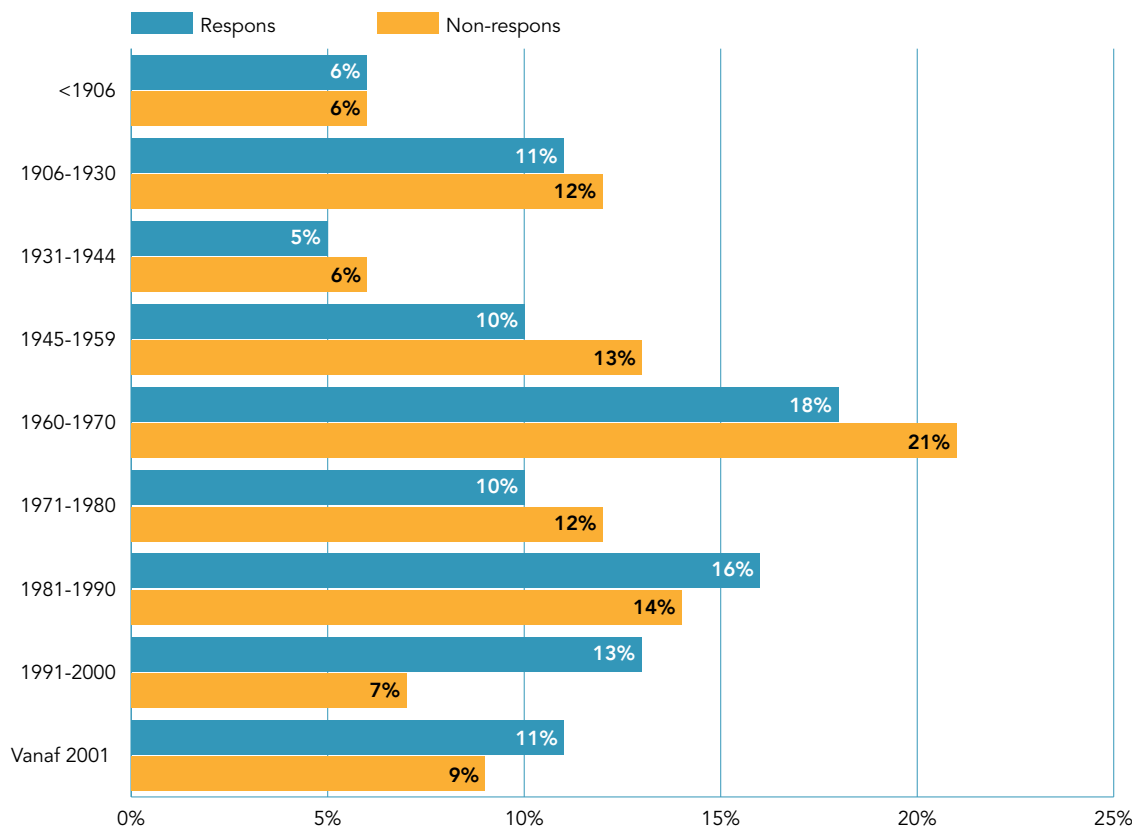
Figuur 30: Inwoneraantallen ($n_{\text{non-respons}} = 1141$, $n_{\text{respons}} = 416$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Type bouw



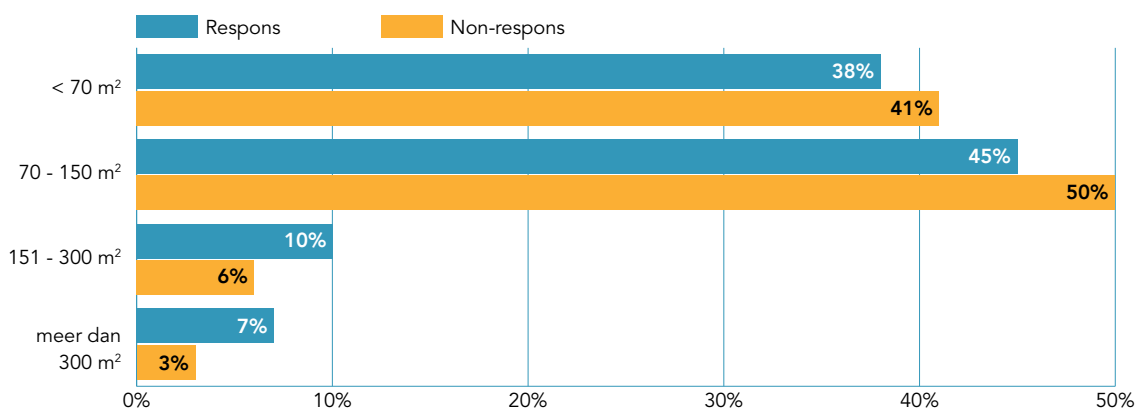
Figuur 31: Type bouw ($n_{\text{non-respons}} = 522$, $n_{\text{respons}} = 202$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Bouwjaar



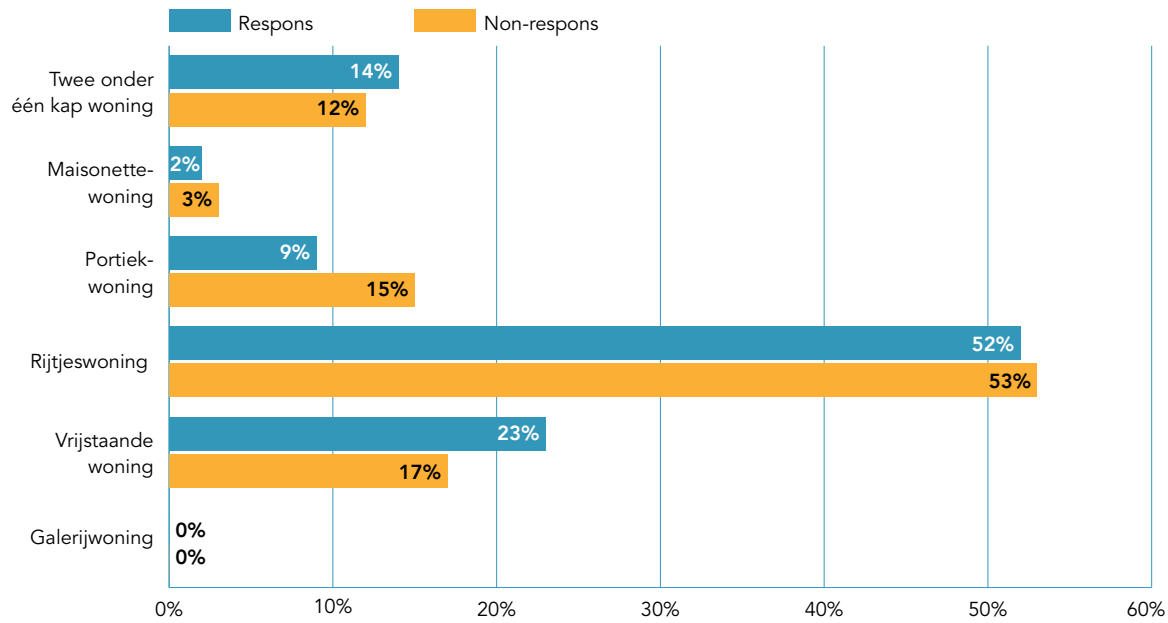
Figuur 32: Bouwjaar ($n_{\text{non-respons}} = 747$, $n_{\text{respons}} = 299$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Oppervlakte woning



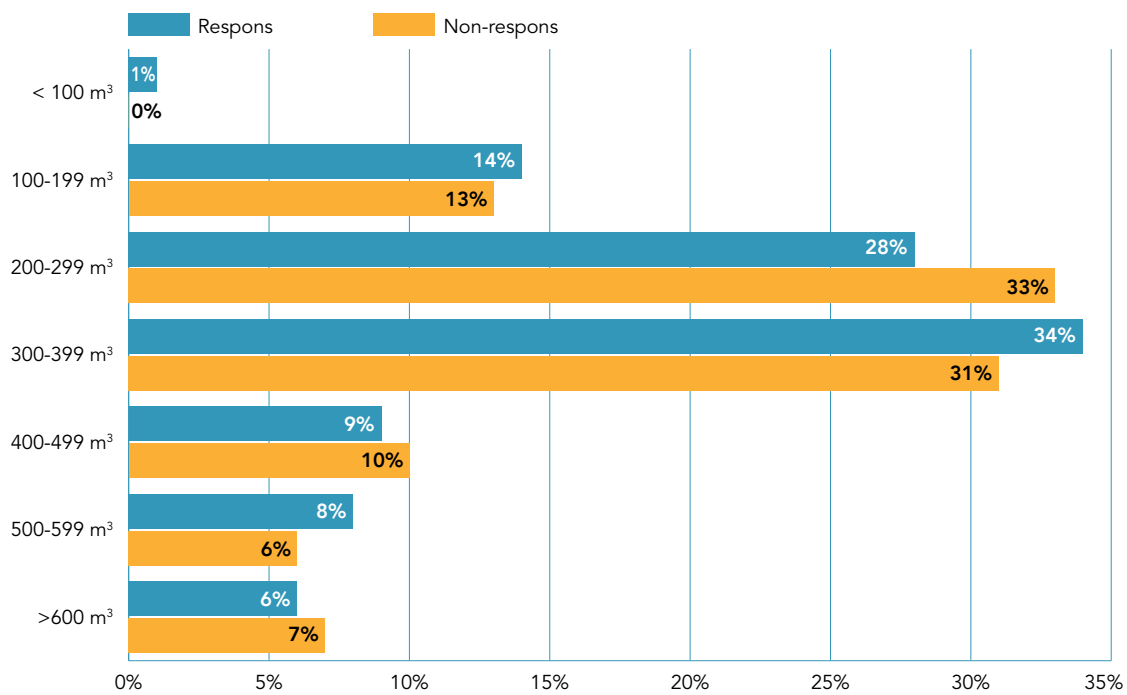
Figuur 33: Oppervlakte woning ($n_{\text{non-respons}} = 169$, $n_{\text{respons}} = 69$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Type woning



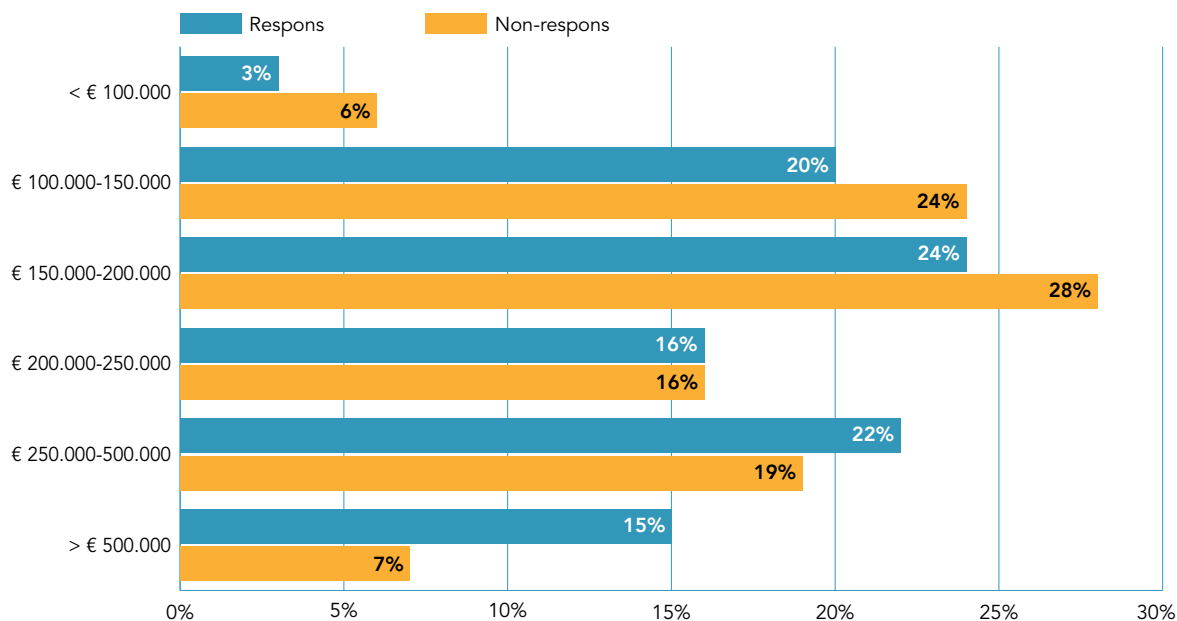
Figuur 34: Type woning ($n_{\text{non-respons}} = 298$, $n_{\text{respons}} = 97$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Inhoud woning



Figuur 35: Inhoud woning ($n_{\text{non-respons}} = 450$, $n_{\text{respons}} = 183$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Waarde woning



Figuur 36: Waarde woning ($n_{\text{non-respons}} = 717$, $n_{\text{respons}} = 264$). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Analyse grafieken

Uit de vergelijking volgt dat er, voor sommige kenmerken, verschillen bestaan tussen de respondenten en non-respondenten:

- De respondentengroep kent een lichte oververtegenwoordiging van koopwoningen, woningen na 1980 (met name jaren 90-woningen), woningen met een groot oppervlak en dure woningen.
- In de respondenten zijn de vier grote steden enigszins ondervertegenwoordigd, net als de portiekwoningen.

Op de kenmerken type bouw (gestapeld/grondgebonden) en woninginhoud zijn er nauwelijks verschillen.

Conclusie representatief zijn respons

De kenmerken van de respondenten komen grotendeels overeen met de kenmerken van de non-respondenten. Gezien de beperkte omvang van de verschillen wordt de informatie uit de respons representatief geacht voor de in dit rapport gepresenteerde bevindingen over de koolmonoxideproblematiek in Nederland.

De volgende paragrafen geven de bevindingen weer uit eerdergenoemde database met koolmonoxideongevallen in de periode 2012-2014.

H.2 Bron en oorzaken koolmonoxideongevallen

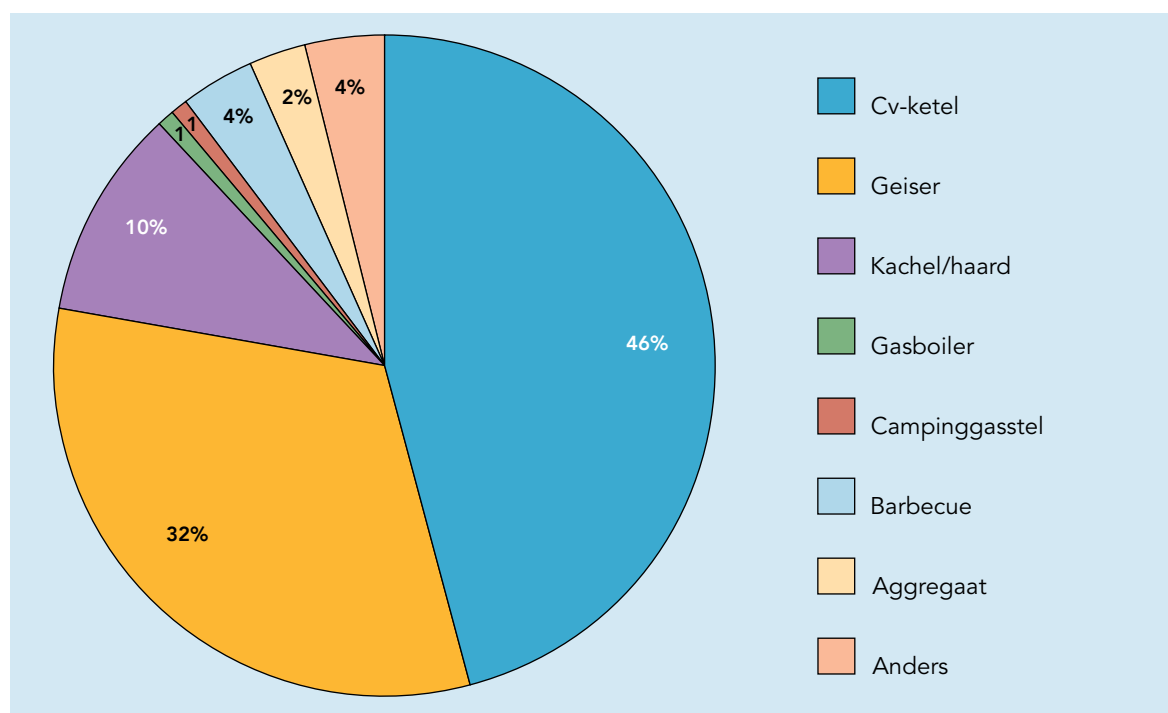
Bron koolmonoxide

Vraag enquête: Welk verbrandingstoestel heeft het incident met koolmonoxide veroorzaakt?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114	
Categorie onbekend:	7 van de 114 (6%)	
	Aantal*	Percentage [%]
Cv-ketel	50	46
Geiser	35	32
Kachel / haard	11	10
Gasboiler	1	1
Campinggasstel	1	1
Barbecue	4	4
Aggregaat	3	2
Anders	4	4
Totaal¹⁹⁹	109²⁰⁰	100²⁰¹

Anders: onder andere voertuigen en werktuigen

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.



Figuur 37: Bron koolmonoxide: type toestel. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

¹⁹⁹ Het totaal is exclusief de categorie 'onbekend' en wijkt daarom af van n.

²⁰⁰ Bij twee ongevallen waren twee toestellen betrokken.

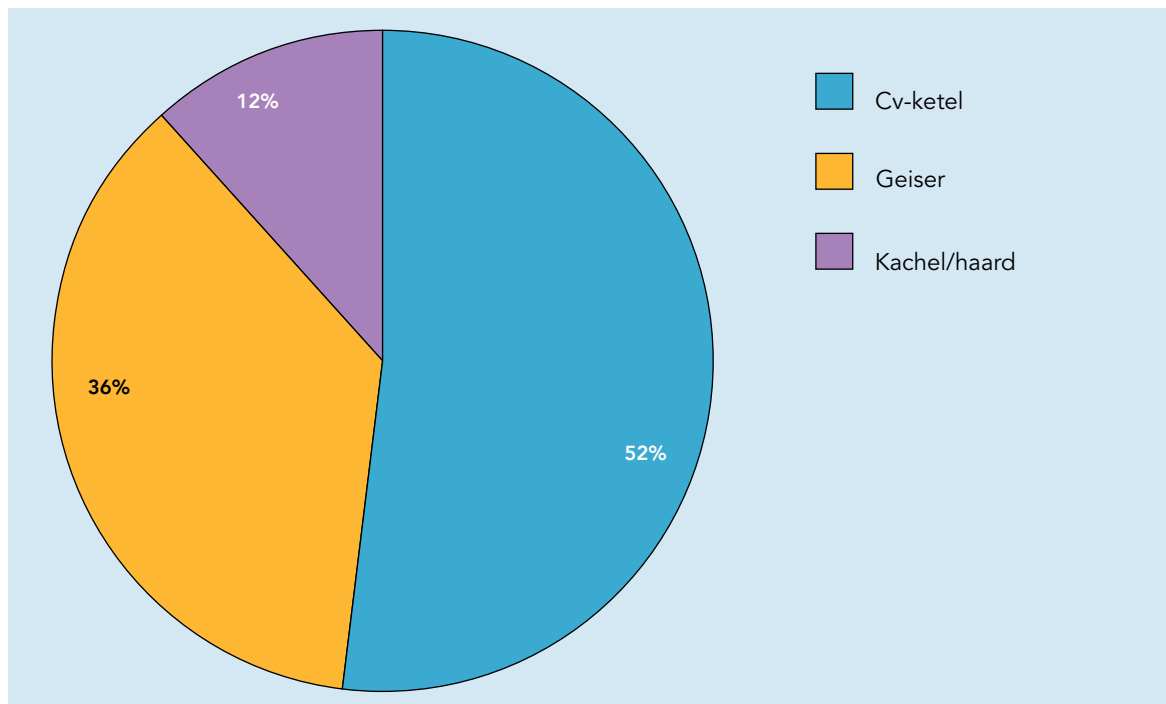
²⁰¹ Door afronding ligt de som van de losse percentages in sommige gevallen iets hoger of lager dan 100; dit geldt voor alle grafieken en tabellen uit deze bijlage.

Het merendeel van de volgende resultaten is gebaseerd op de deelverzameling 'Ongevallen door een cv, geiser of kachel/haard'. Deze deelverzameling bevat 94 van de 114 ongevallen.²⁰²

Bron koolmonoxide: cv, geiser of kachel/haard

Vraag enquête: Welk verbrandingstoestel heeft het incident met koolmonoxide veroorzaakt?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		0 van de 94 (0%)	
	Aantal	Percentage [%]	
Cv-ketel	50	52	
Geiser	35	36	
Kachel / haard	11	12	
Totaal	96²⁰³	100	



Figuur 38: Bron koolmonoxide: cv, geiser, kachel of haard. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

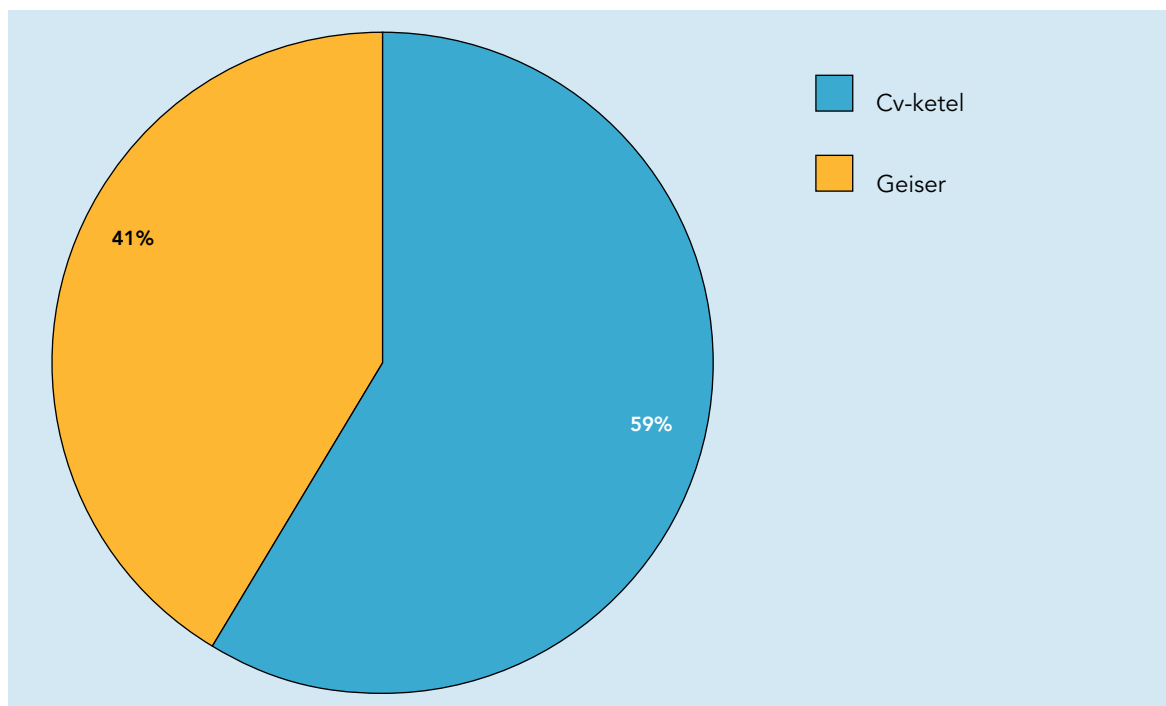
²⁰² Omdat bij twee ongevallen twee toestellen betrokken waren, bevat deze verzameling 96 toestellen.

²⁰³ Bij twee ongevallen waren twee toestellen betrokken.

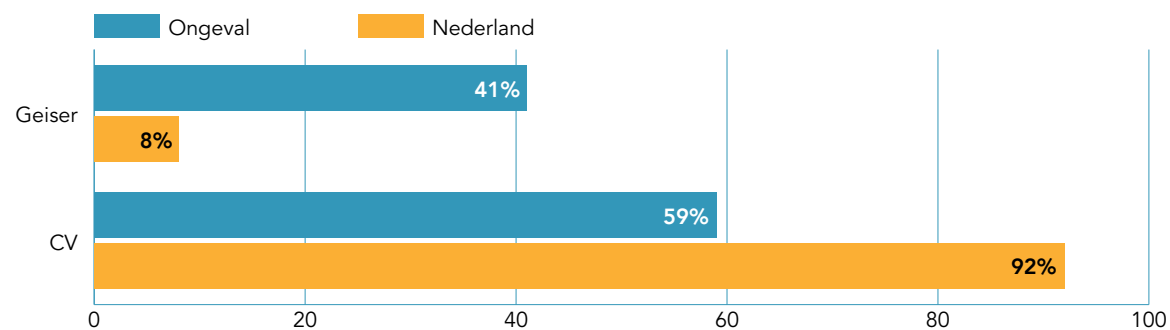
Bron koolmonoxide: cv, geiser

Vraag enquête: Welk verbrandingstoestel heeft het incident met koolmonoxide veroorzaakt?

(Deelverzameling: Cv/geiser, n = 85)		
Categorie onbekend:	0 van de 85 (0%)	
	Aantal	Percentage [%]
Cv-ketel	50	59
Geiser	35	41
Totaal	85	100



Figuur 39: Bron koolmonoxide: cv of geiser. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

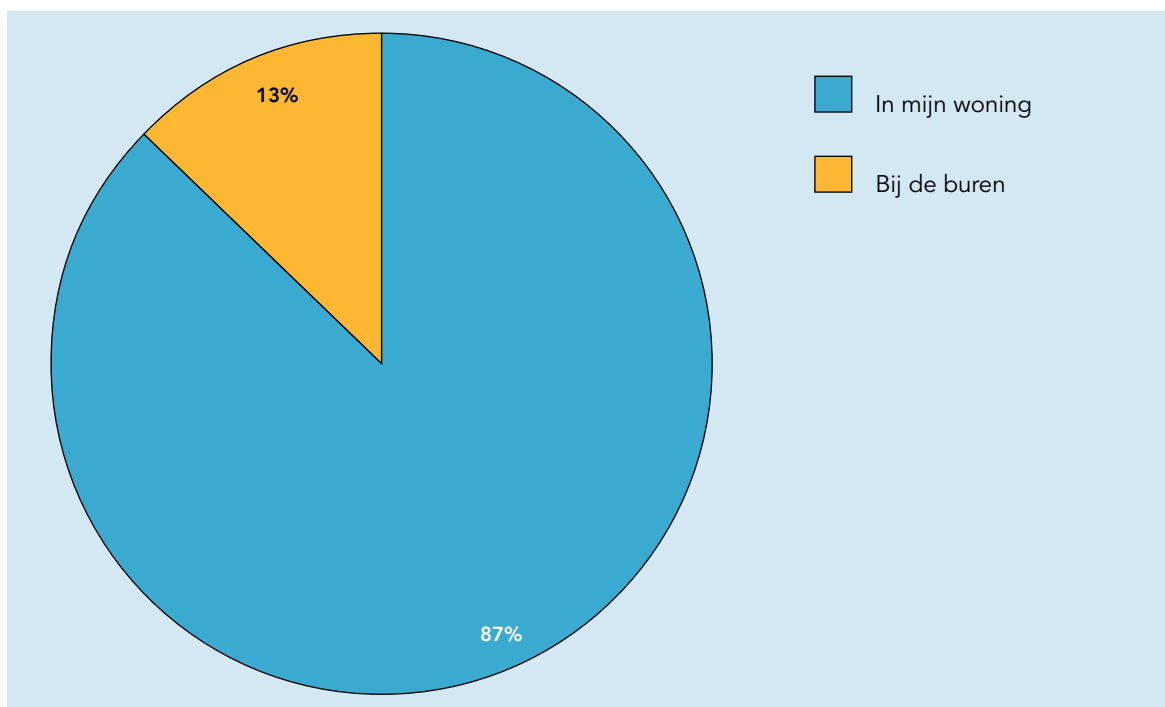


Figuur 40: Aandeel cv en geiser als bron bij de ongevallen in vergelijking met de aanwezigheid als verbrandingsinstallatie in woningen in Nederland. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Locatie bron koolmonoxide

Vraag enquête: Waar bevond zich de veroorzakende bron van het koolmonoxide?

(Deel)verzameling:	Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:	0 van de 94 (0 %)	
	Aantal	Percentage [%]
In mijn woning	82	87
Bij de burens	12	13
Totaal	94	100

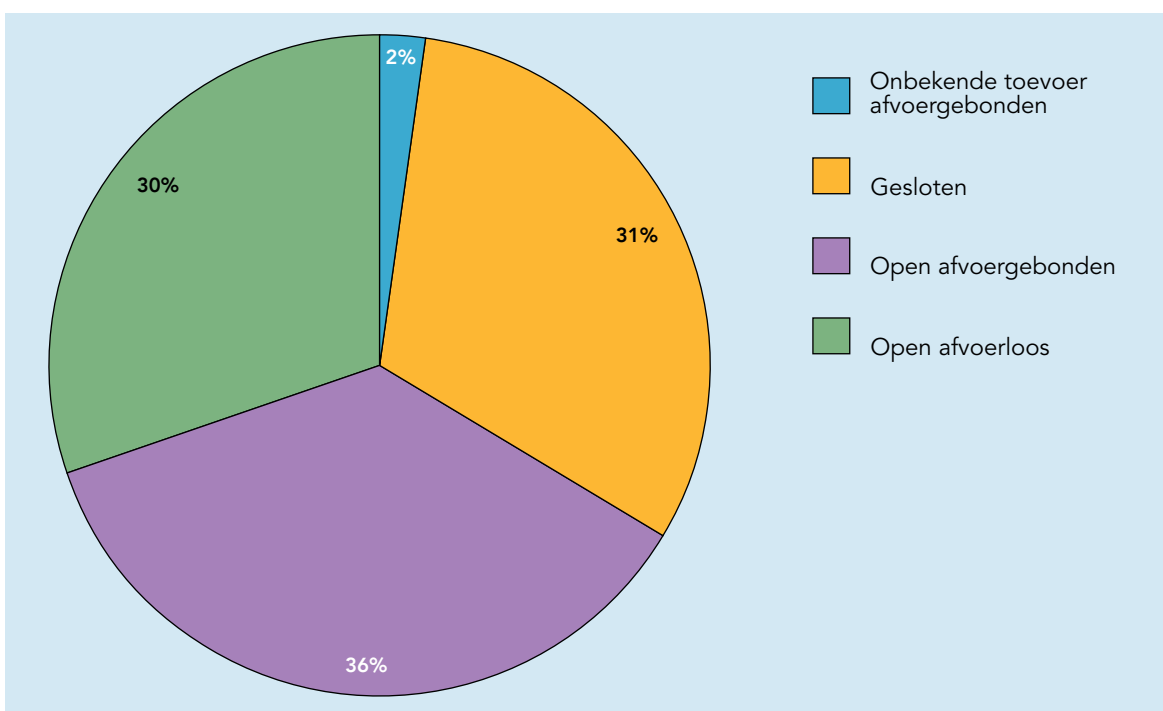


Figuur 41: Locatie bron koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Type toe- en afvoer

Vraag enquête: Hoe kan de luchttoevoer en rookgasafvoer van het desbetreffende verbrandingstoestel worden getypeerd?²⁰⁴

(Deel)verzameling:	Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:	11 van de 94 (12%)	
	Aantal	Percentage [%]
Onbekende toevoer afvoergebonden	2	2
Gesloten toestel	26	31
Open afvoergebonden	30	36
Open afvoerloos	25	30
Totaal	83	100



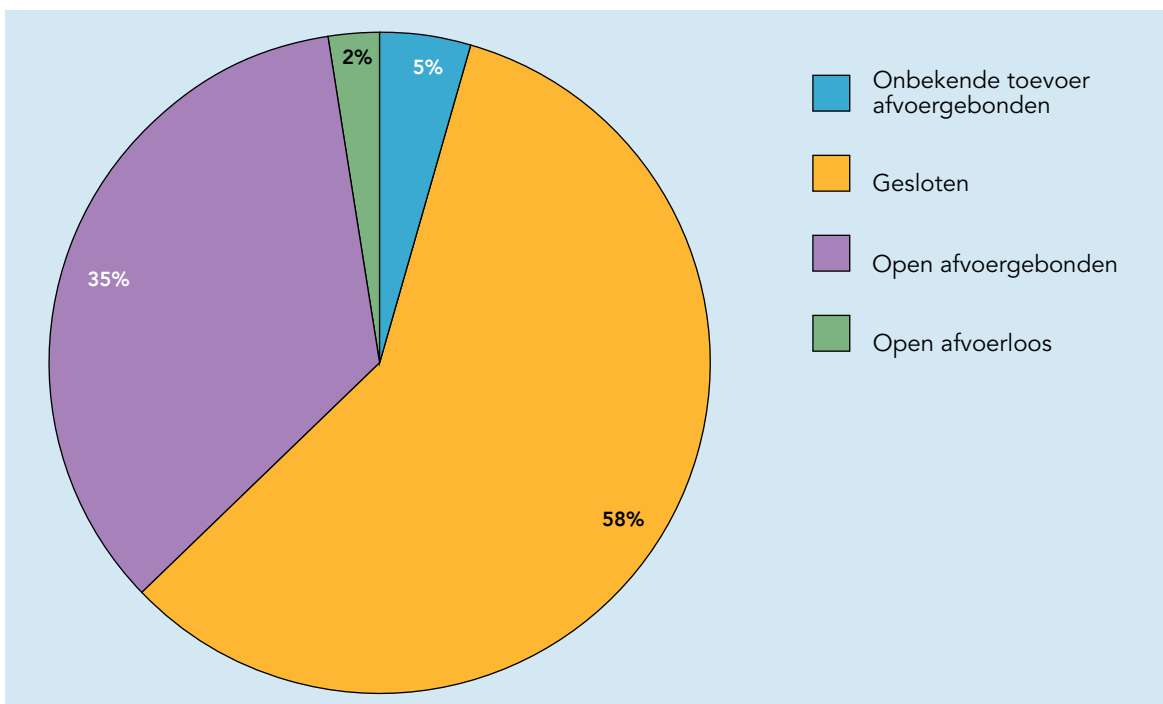
Figuur 42: Type luchttoevoer en rookgasafvoer. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²⁰⁴ De bewoners konden kiezen uit drie afbeeldingen waarin de diverse soorten toe- en afvoer werden getoond.

Type toe- en afvoer: cv

Vraag enquête: Hoe kan de luchttoevoer en rookgasafvoer van het desbetreffende verbrandingstoestel worden getypeerd?

(Deel)verzameling:	Cv, n = 50	
Categorie onbekend:	7 van de 50 (14%)	
	Aantal	Percentage [%]
Onbekende toevoer afvoergebonden	2	5
Gesloten toestel	25	58
Open afvoergebonden	15	35
Open afvoerloos	1	2
Totaal	43	100

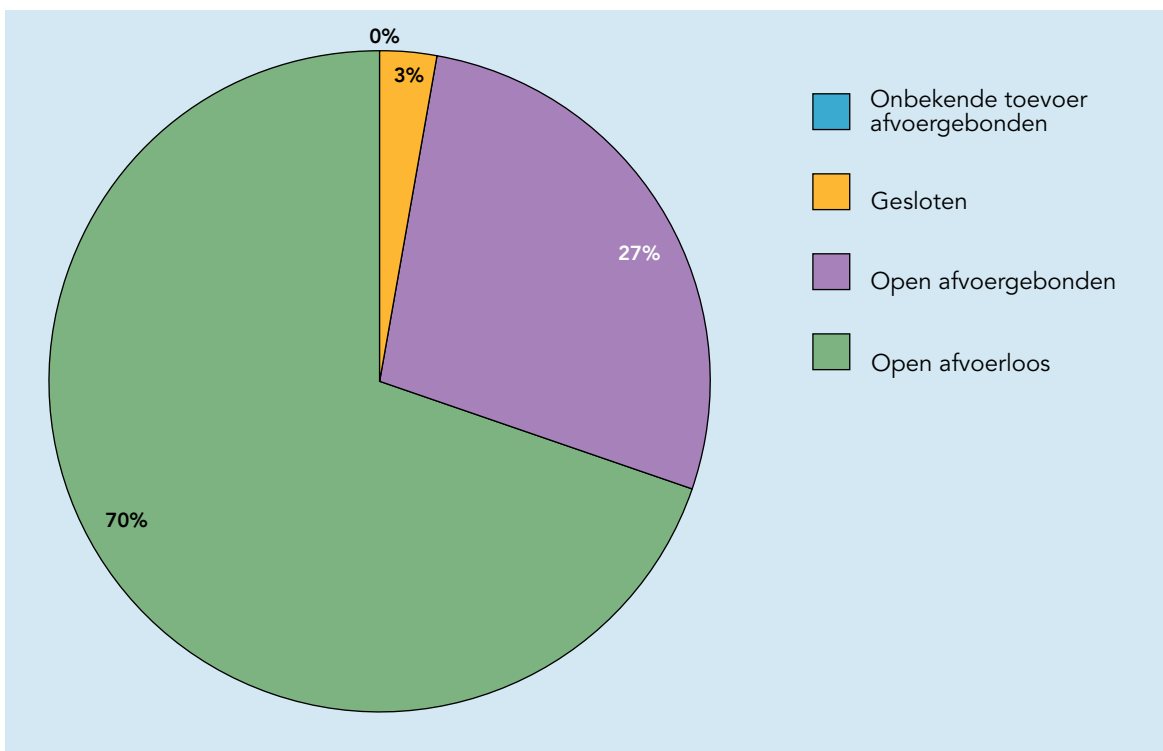


Figuur 43: Type luchttoevoer en rookgasafvoer cv's. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Type toe- en afvoer: geiser

Vraag enquête: Hoe kan de luchttoevoer en rookgasafvoer van het desbetreffende verbrandingstoestel worden getypeerd?

(Deel)verzameling:	Geiser, n = 35	
Categorie onbekend:	2 van de 35 (6%)	
	Aantal	Percentage [%]
Onbekende toevoer afvoergebonden	0	0
Gesloten toestel	1	3
Open afvoergebonden	9	27
Open afvoerloos	23	70
Totaal	33	100



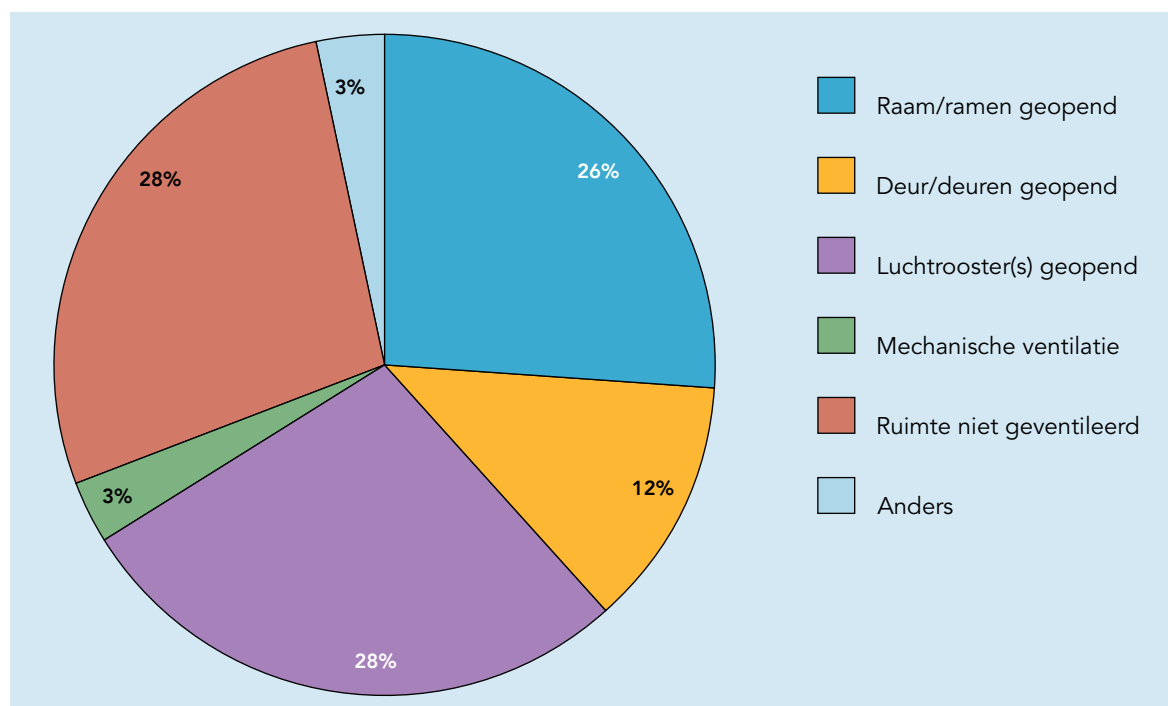
Figuur 44: Type luchttoevoer en rookgasafvoer geisers. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Ventilatie tijdens ongeval

Vraag enquête: Hoe was de ruimte waar het toestel stond geventileerd ten tijde van het ongeval?

(Deel)verzameling:		Open²⁰⁵, n = 55
Categorie onbekend:		15 van de 55 (27%)
	Aantal*	Percentage [%]
Ramen geopend	17	26
Deuren geopend	8	12
Luchtrooster geopend	18	28
Mechanische ventilatie	2	3
Ruimte niet-geventileerd	18	28
Anders	2	3
Totaal	65	100

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.



Figuur 45: Type ventilatie ruimte met open bron koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

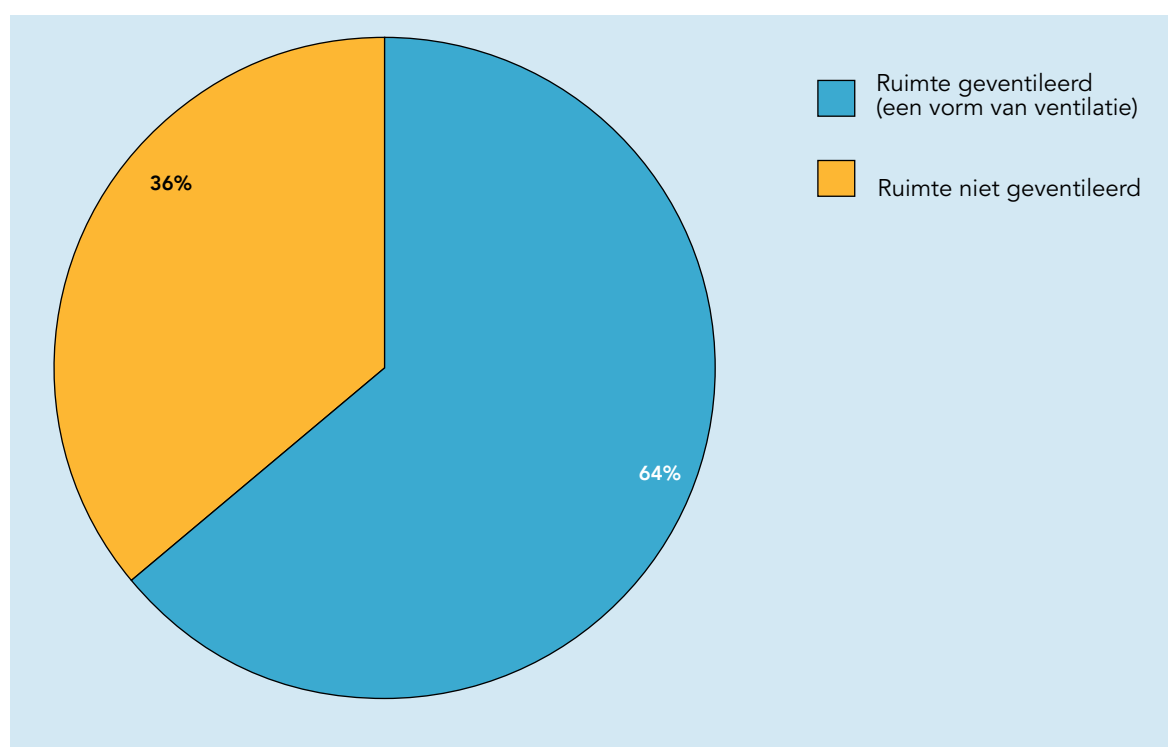
205 Open afvoerloze en afvoergebonden cv/geiser/kachel/haard (geen onderscheid naar toestel, alleen naar type toegen afvoer).

Wel of geen ventilatie tijdens ongeval

Vraag enquête: Hoe was de ruimte waar het toestel stond geventileerd ten tijde van het ongeval?

(Deel)verzameling:	Open²⁰⁶, n = 55	
Categorie onbekend:	5 van de 55 (9%)	
	Aantal*	Percentage [%]
Ruimte geventileerd ²⁰⁷	32	64
Ruimte niet-geventileerd	18	36
Totaal	50	100

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.



Figuur 46: Ventilatie ruimte met open bron koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²⁰⁶ Open afvoerloze en afvoergebonden cv/geiser/kachel/haard (geen onderscheid naar toestel, alleen naar type toegen afvoer).

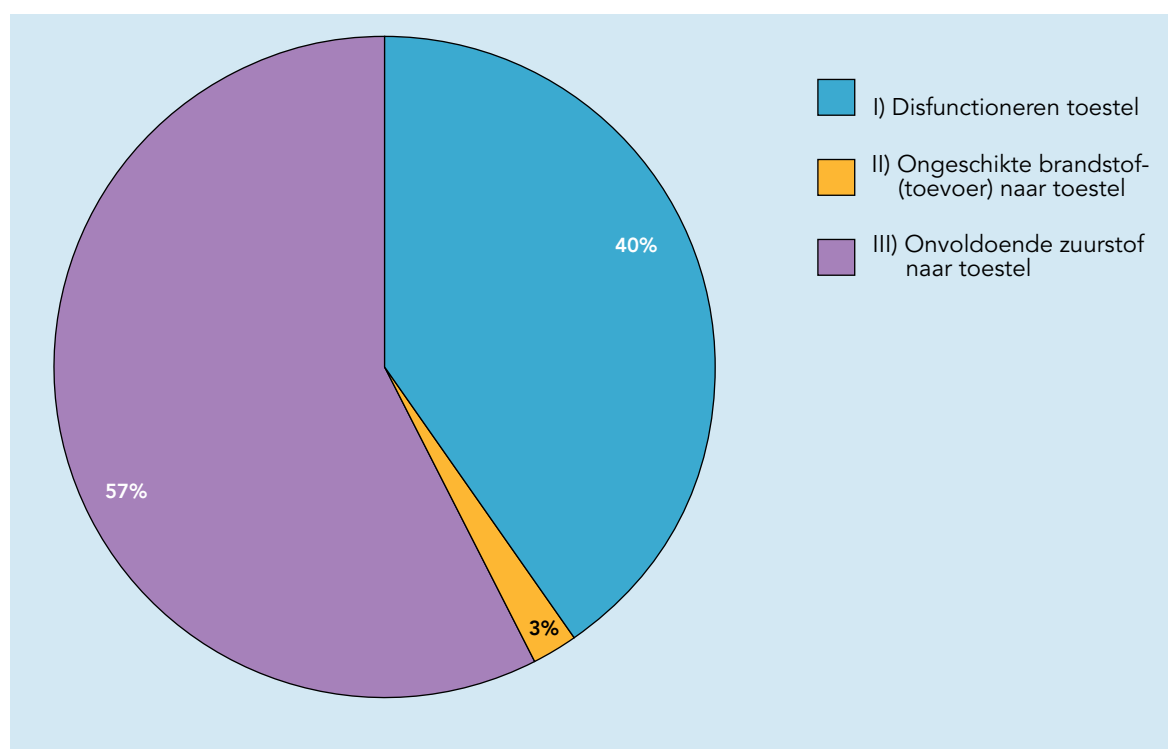
²⁰⁷ Aanwezigheid van een vorm van ventilatie (zoals mechanische ventilatie of een rooster of deur geopend).

Technische oorzaak productie koolmonoxide²⁰⁸

Vraag enquête: Kunt u beschrijven waardoor het koolmonoxide kon ontstaan?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel, n = 94	
Categorie onbekend:		55 van de 94 (59%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
I) Probleem toestel	19	40	
II) Brandstof(toevoer)	1	3	
III) Zuurstoftoevoer	27	57	
Totaal	47	100	

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.



Figuur 47: Technische oorzaak productie koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De categorie 'onbekend' is relatief groot, namelijk 59 procent. Dat komt doordat bewoners niet altijd terugkoppeling ontvangen van brandweer of installateur over de ongevalsoorzaak. Ook wordt de oorzaak van de productie niet altijd gevonden. Het is niet bekend in hoeverre dit aandeel 'onbekend' van invloed is op de uitkomsten.

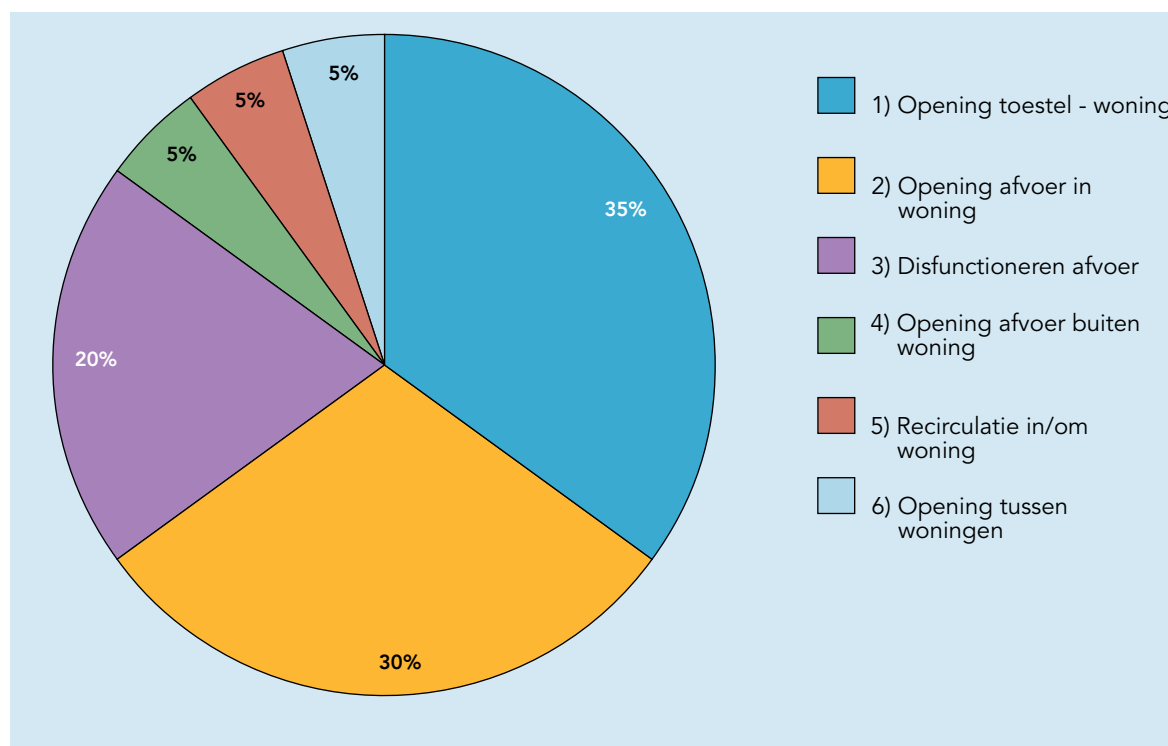
²⁰⁸ Door de Onderzoeksraad bepaald, via interpretatie van de informatie en antwoorden van bewoners over het ongeval.

Technische oorzaak terechtkomen koolmonoxide in woning²⁰⁹

Vraag enquête: En hoe kon het koolmonoxide in de woning terechtkomen?

(Deel)verzameling: Cv/geiser/kachel, n = 94		
Categorie onbekend: 27 van de 94 (29%)		
	Aantal*	Percentage [%]
1) Toestel - woning	28	35
2) Afvoer in woning	24	30
3) Disfunctie afvoer	16	20
4) Afvoer buiten woning	4	5
5) Recirculatie woning	4	5
6) Woning - woning	4	5
Totaal	80	100

* Meerdere antwoorden waren mogelijk.



Figuur 48: Technische oorzaak terechtkomen in woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

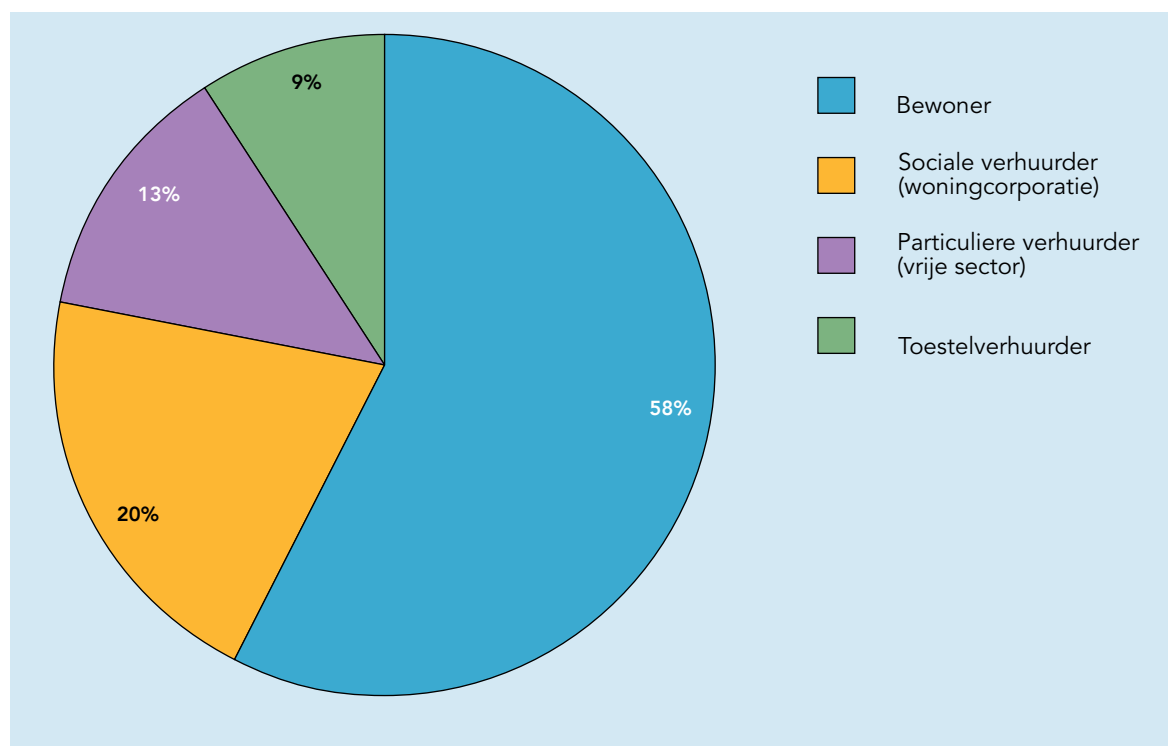
²⁰⁹ Door de Onderzoeksraad bepaald, via interpretatie van de informatie en antwoorden van bewoners over het ongeval.

H.3 Eigendom, plaatsing en onderhoud verbrandingsinstallaties

Eigenaar toestel

Vraag enquête: Wie was de eigenaar van het desbetreffende verbrandingstoestel ten tijde van het incident?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		16 van de 94 (17%)	
	Aantal	Percentage [%]	
Bewoner	45	58	
Woningbouwcorporatie	16	20	
Vrije sector/ particuliere verhuur	10	13	
Toestelverhuurbedrijf	7	9	
Totaal	78	100	

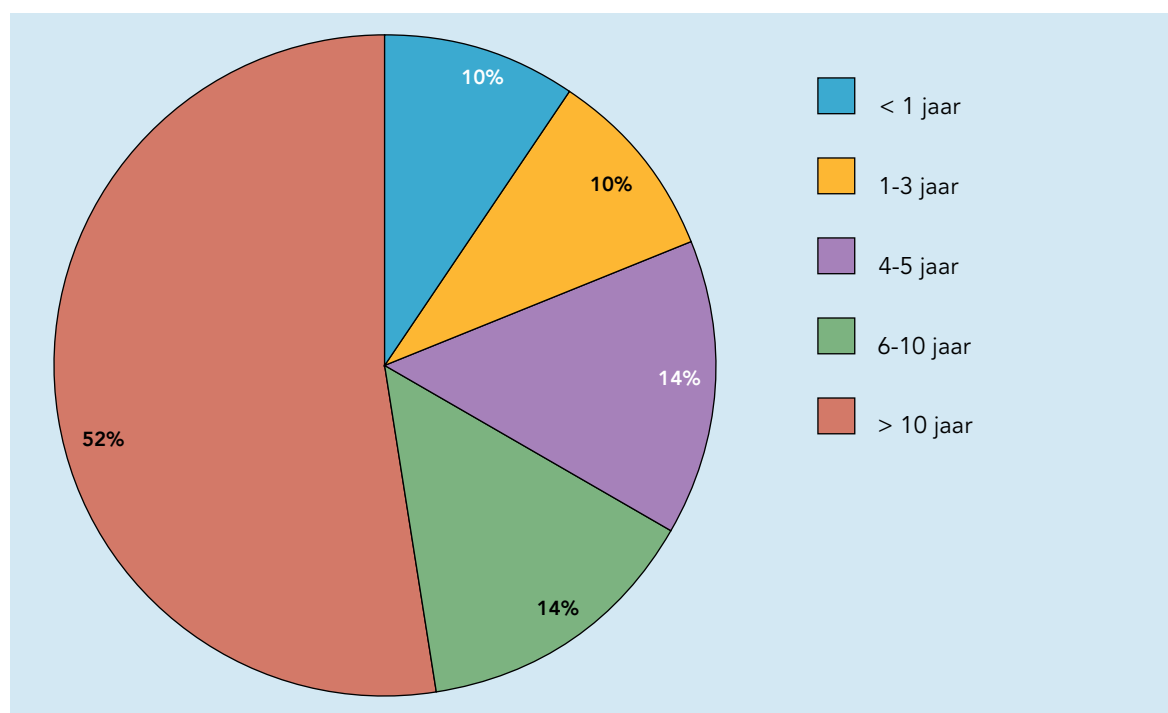


Figuur 49: Eigenaar bron koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Leeftijd toestel

Vraag enquête: Wat is/was het merk en typenummer van het desbetreffende verbrandingstoestel en wanneer is deze geplaatst?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94
Categorie onbekend:		52 van de 94 (55%)
	Aantal	Percentage [%]
< 1 jaar	4	10
1 - 3 jaar	4	10
4 - 5 jaar	6	14
6 - 10 jaar	6	14
> 10 jaar	22	52
Totaal	36	100



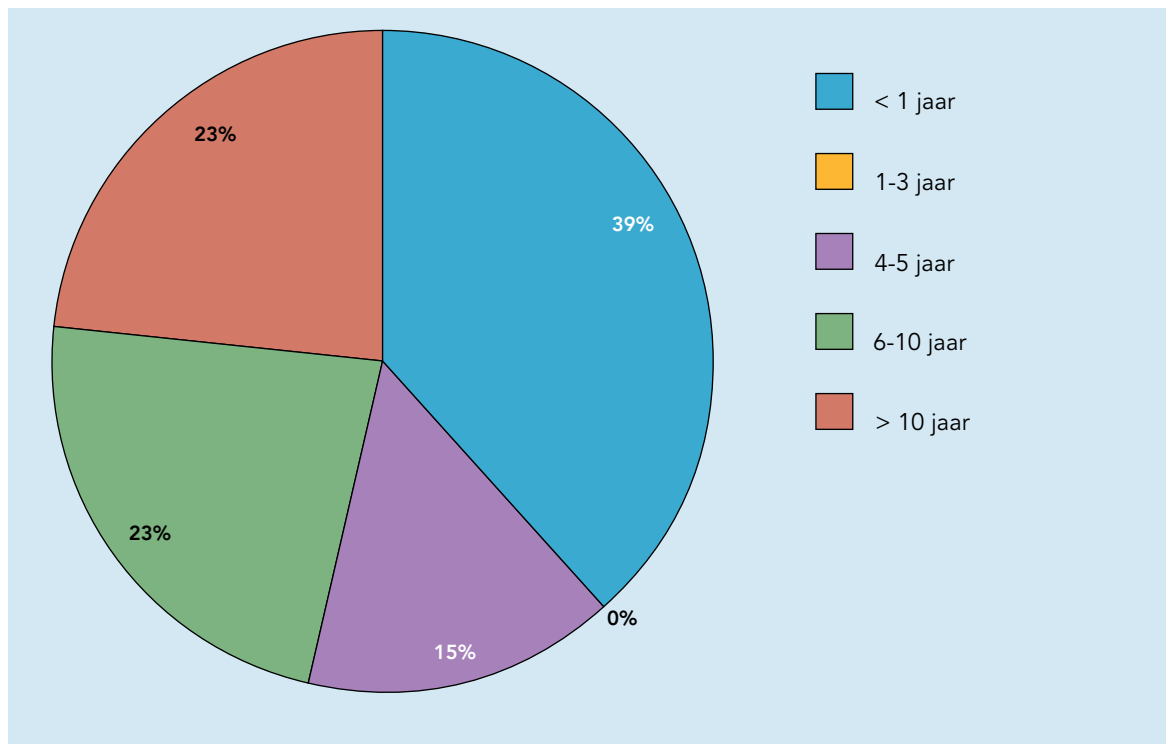
Figuur 50: Leeftijd bron koolmonoxide. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De categorie 'onbekend' is relatief groot, namelijk 55 procent. Bij huurwoningen en bij woningen die inclusief verbrandingstoestel gekocht zijn, is het verklaarbaar dat bewoners niet altijd weten welke leeftijd hun toestel heeft. Het is niet bekend welke invloed het aandeel 'onbekend' heeft op de uitkomsten.

Leeftijd rookgasafvoer

Vraag enquête: Wanneer is de rookgasafvoer en/of luchttoevoer naar buiten toe voor het laatst vervangen?

(Deel)verzameling:		Toestel met afvoer ²¹⁰ , n = 58	
Categorie onbekend:		45 van de 58 (78%)	
	Aantal	Percentage [%]	
< 1 jaar	5	39	
1 - 3 jaar	0	0	
4 - 5 jaar	2	15	
6 - 10 jaar	3	23	
> 10 jaar	3	23	
Totaal	13	100	



Figuur 51: Leeftijd rookgasafvoer. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

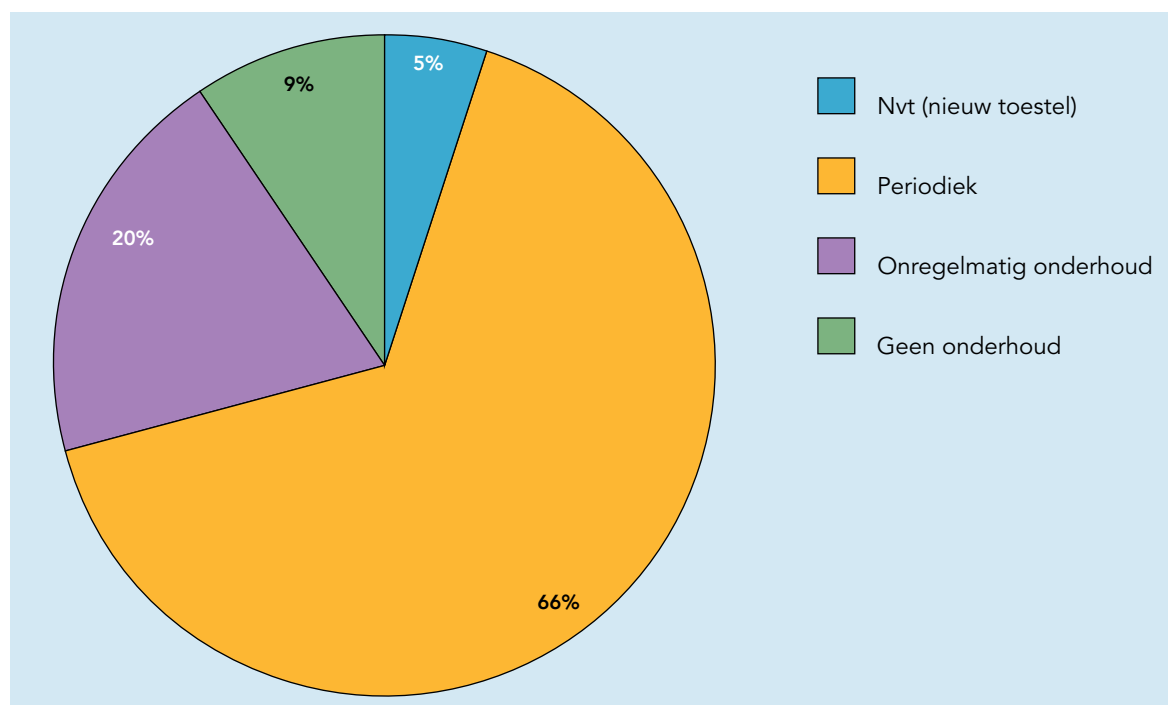
De categorie 'onbekend' relatief groot: 78 procent. Dit heeft de volgende oorzaak. De rookgasafvoer en luchttoevoer zijn aan het zicht onttrokken, waardoor de bewoner niet kan nazoeken welke leeftijd de component heeft. Zie verder de toelichting bij 'leeftijd toestel'.

²¹⁰ Cv/geiser/kachel/haard voorzien van een rookgasafvoer, dus gesloten toestellen en afvoergebonden open toestellen.

Onderhoudscyclus

Vraag enquête: Op welke wijze is er onderhoud gepleegd aan het desbetreffende verbrandingstoestel?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		18 van de 94 (19%)	
	Aantal	Percentage [%]	
N.v.t. (nieuw toestel)	4	5	
Periodiek onderhoud	50	66	
Onregelmatig onderhoud	15	20	
Geen onderhoud	7	9	
Totaal	76	100	

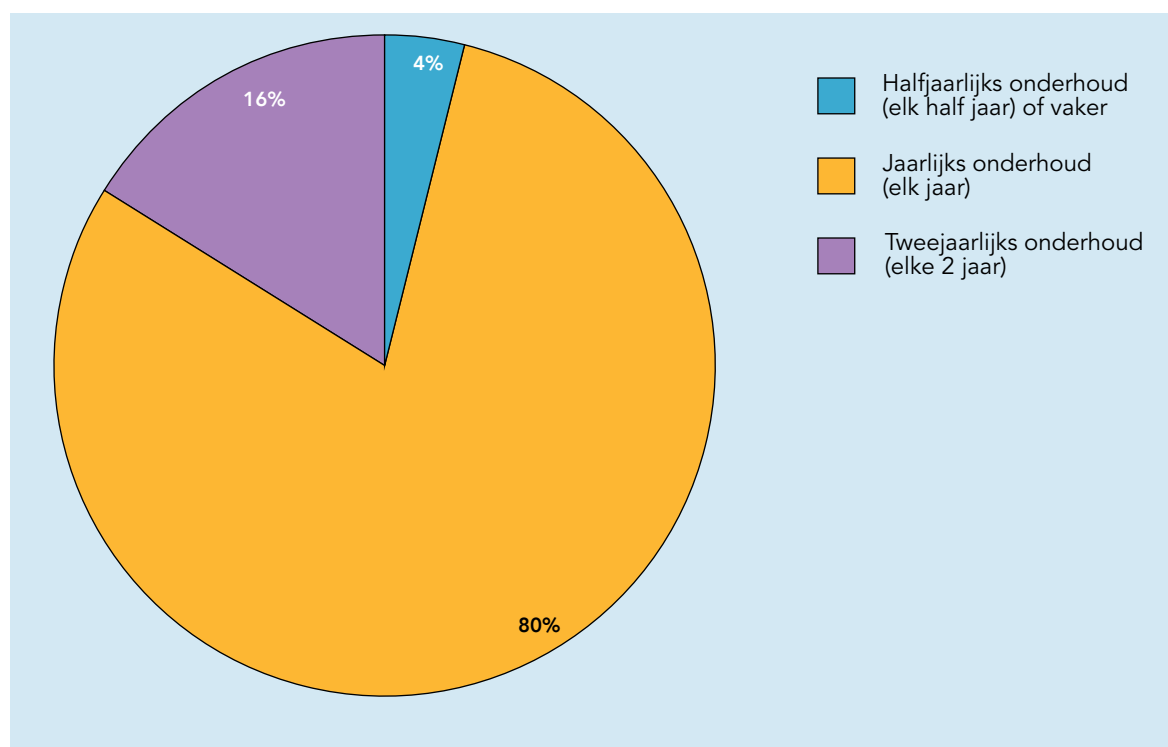


Figuur 52: Onderhoudscyclus. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Onderhoudsfrequentie

Vraag enquête: Op welke wijze is er onderhoud gepleegd aan het desbetreffende verbrandingstoestel?²¹¹

(Deel)verzameling:	Periodiek onderhoud²¹¹, n = 50	
Categorie onbekend:	0 van de 50 (0%)	
	Aantal	Percentage [%]
1 maal per 6 maanden of vaker	2	4
1 maal per jaar	40	80
1 maal per 2 jaar	8	16
Totaal	50	100



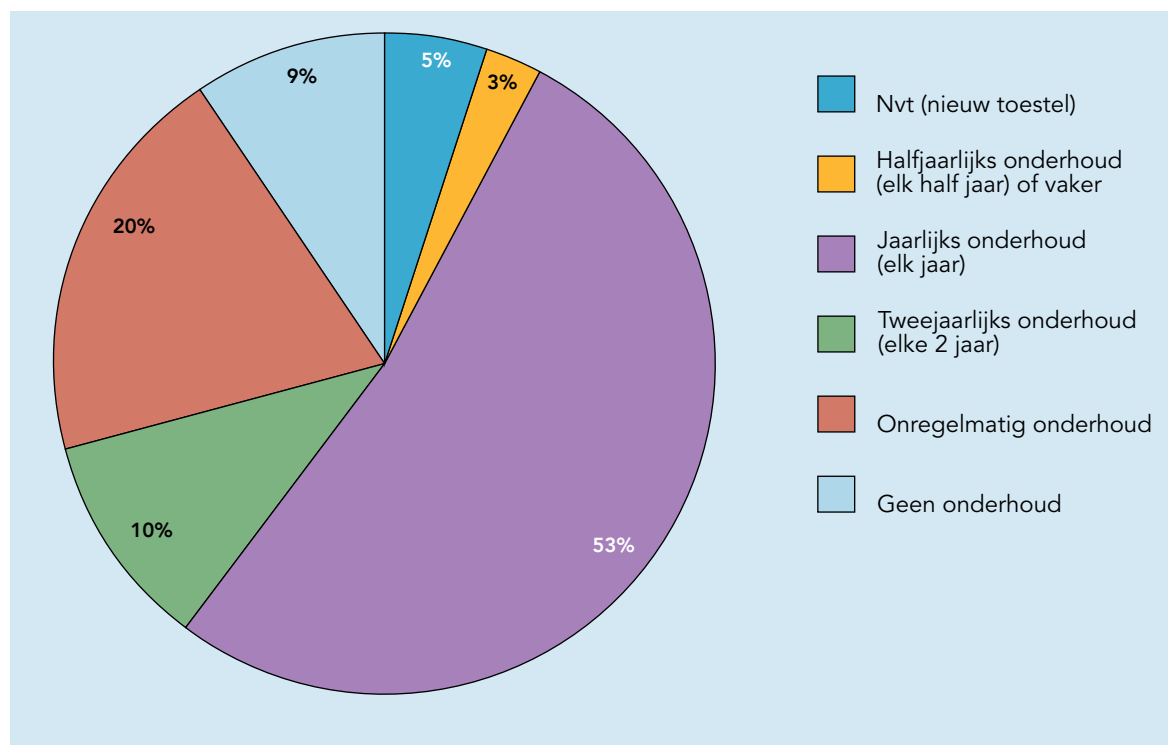
Figuur 53: Onderhoudsfrequentie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²¹¹ Periodiek onderhouden cv/geiser/kachel/haard.

Onderhoudscyclus met frequentie

Vraag enquête: Op welke wijze is er onderhoud gepleegd aan het desbetreffende verbrandingstoestel?

(Deel)verzameling: Cv/geiser/kachel/haard, n = 94		
Categorie onbekend: 18 van de 94 (19%)		
	Aantal	Percentage [%]
N.v.t. (nieuw toestel)	4	5
1 maal per 6 maanden of vaker	2	3
1 maal per jaar	40	53
1 maal per 2 jaar	8	10
Onregelmatig onderhoud	15	20
Geen onderhoud	7	9
Totaal	76	100

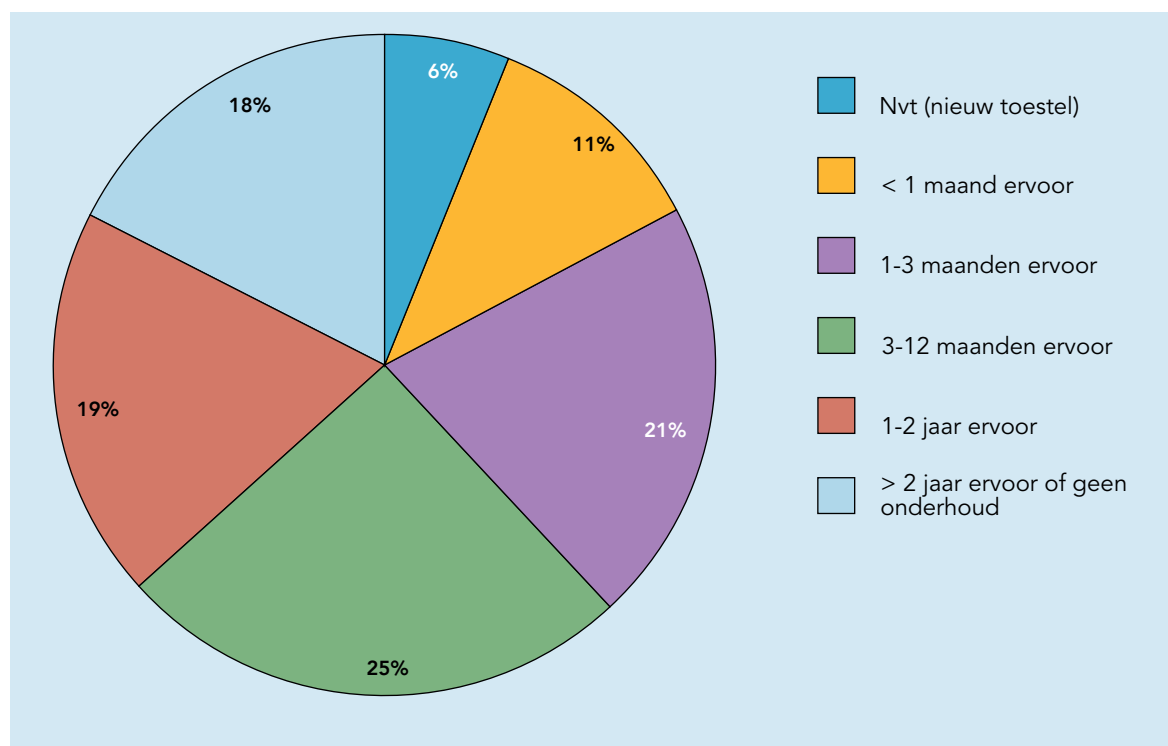


Figuur 54: Onderhoudscyclus met frequentie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Laatst uitgevoerd onderhoud voor het ongeval

Vraag enquête: Wanneer was het verbrandingstoestel voor het laatst onderhouden voorafgaand aan het incident?

(Deel)verzameling: Cv/geiser/kachel/haard, n = 94		
Categorie onbekend: 31 van de 94 (33%)		
	Aantal	Percentage [%]
N.v.t. (nieuw toestel)	4	6
< 1 maand ervoor	7	11
1-3 maanden ervoor	13	21
3-12 maanden ervoor	16	25
1 - 2 jaar ervoor	13	19
> 2 jaar ervoor ²¹²	11	18
Totaal	64	100

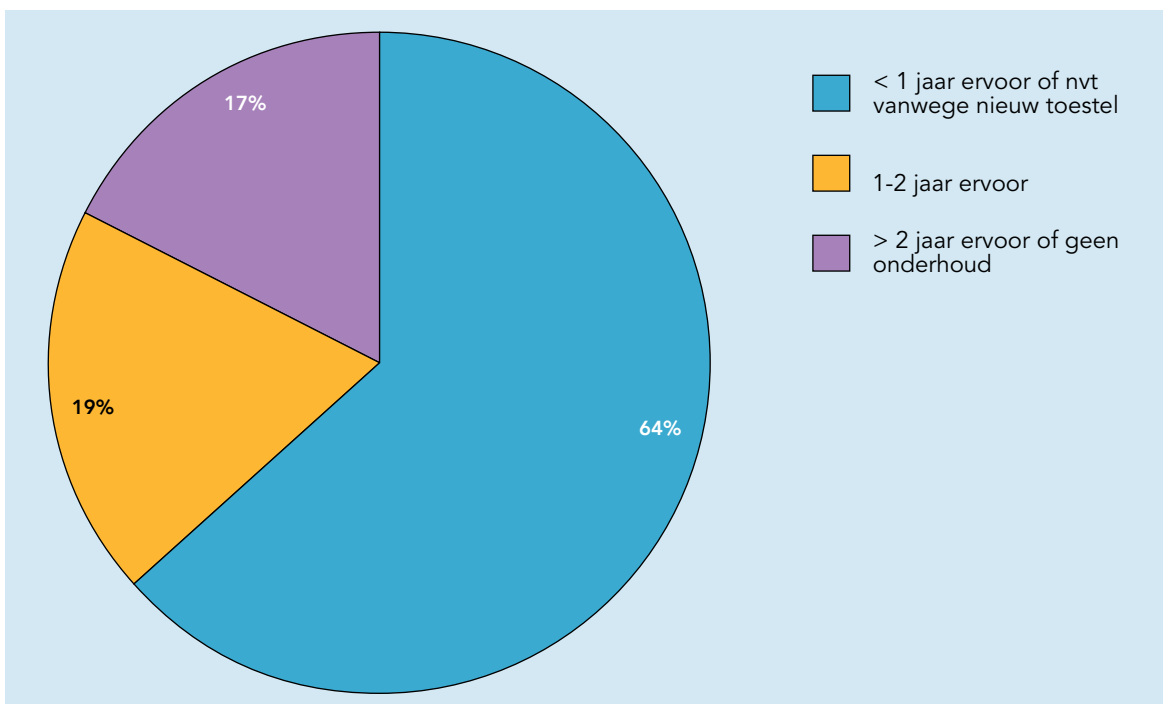


Figuur 55: Laatst uitgevoerd onderhoud voor het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²¹² Hier vallen ook de niet onderhouden toestellen onder.

Als het moment van het laatst uitgevoerde onderhoud wordt afgerond op 1 of 2 jaar, zijn de resultaten als volgt:

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94
Categorie onbekend:		31 van de 94 (33%)
	Aantal	Percentage [%]
< 1 jaar ervoor of n.v.t. vanwege nieuw toestel	40	64
1 - 2 jaar ervoor	12	19
> 2 jaar ervoor ²¹³	11	17
Totaal	63	100



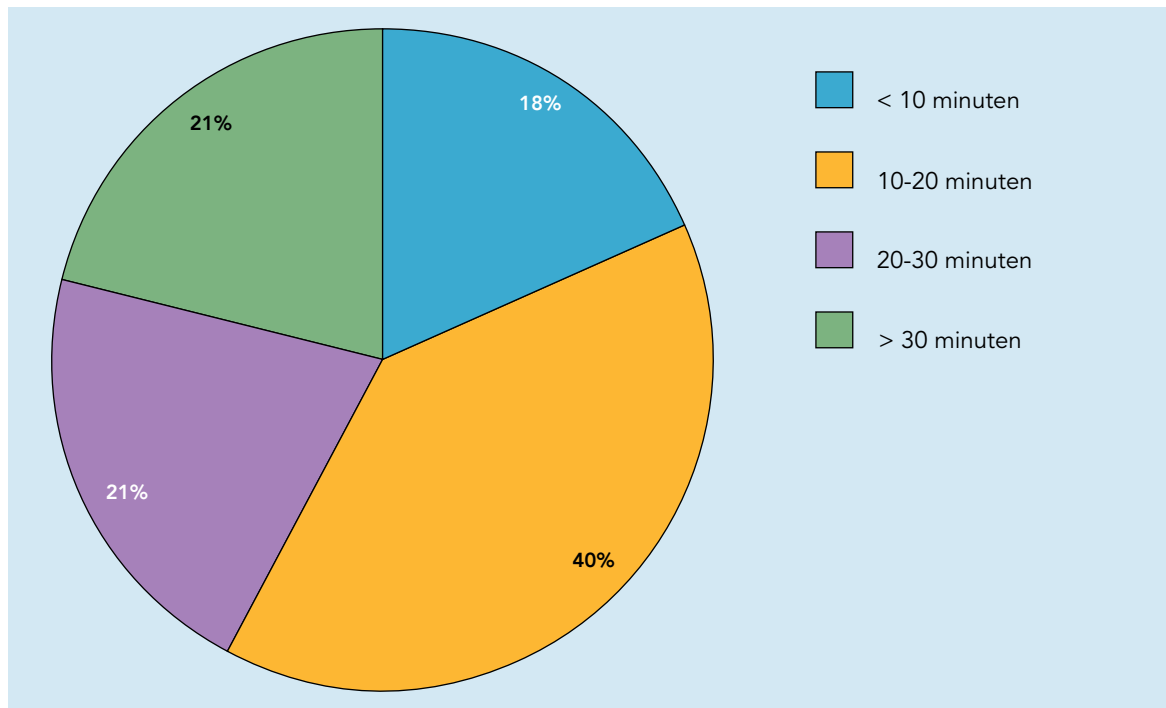
Figuur 56: Laatst uitgevoerd onderhoud/controle voor het ongeval of nieuw toestel afgerond in jaren. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²¹³ Hier vallen ook de niet onderhouden toestellen onder.

Duur laatste onderhoudsbeurt voor het ongeval

Vraag enquête: Hoe lang duurde de laatste onderhoudsbeurt voorafgaand aan het incident?

(Deel)verzameling:		Onderhouden toestel²¹⁴, n = 65
Categorie onbekend:		27 van de 65 (42%)
	Aantal	Percentage [%]
< 10 minuten	7	18
10 - 20 minuten	15	40
20 - 30 minuten	8	21
> 30 minuten	8	21
Totaal	38	100



Figuur 57: Duur laatst uitgevoerd onderhoud/controle voor het ongeval (onderhouden toestellen). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

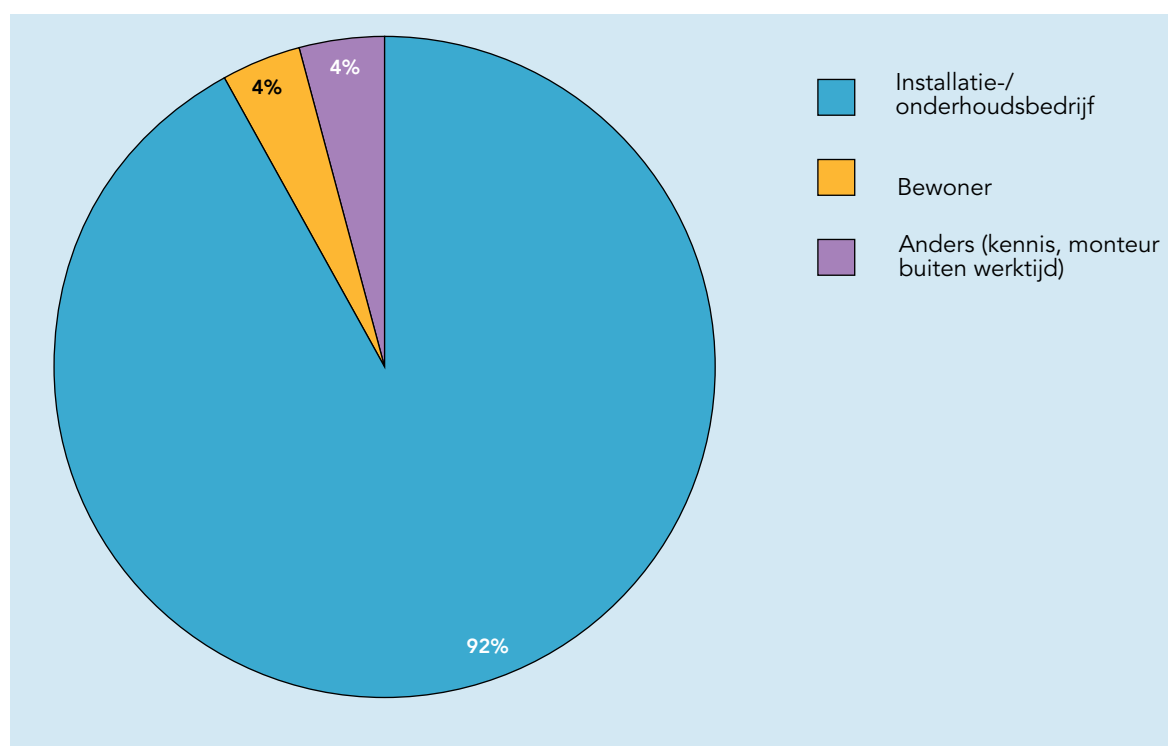
De categorie 'onbekend' is relatief groot, namelijk 42 procent. Bewoners zullen niet altijd onthouden of genoteerd hebben, hoe lang de onderhoudsbeurt duurde, of er niet zelf bij aanwezig geweest zijn. Het is niet bekend in hoeverre dit aandeel 'onbekend' van invloed is op de uitkomsten.

²¹⁴ Periodiek of onregelmatig onderhouden cv/geiser/kachel/haard.

Onderhoud uitgevoerd door

Vraag enquête: Door wie werd het laatste onderhoud uitgevoerd?

(Deel)verzameling:	Onderhouden toestel ²¹⁵ , n = 65	
Categorie onbekend:	14 van de 65 (22%)	
	Aantal	Percentage [%]
Installatie-/onderhoudsbedrijf	47	92
Mijzelf	2	4
Iemand anders	2	4
Totaal	51	100
Anders: kennis, monteur buiten werktijd		



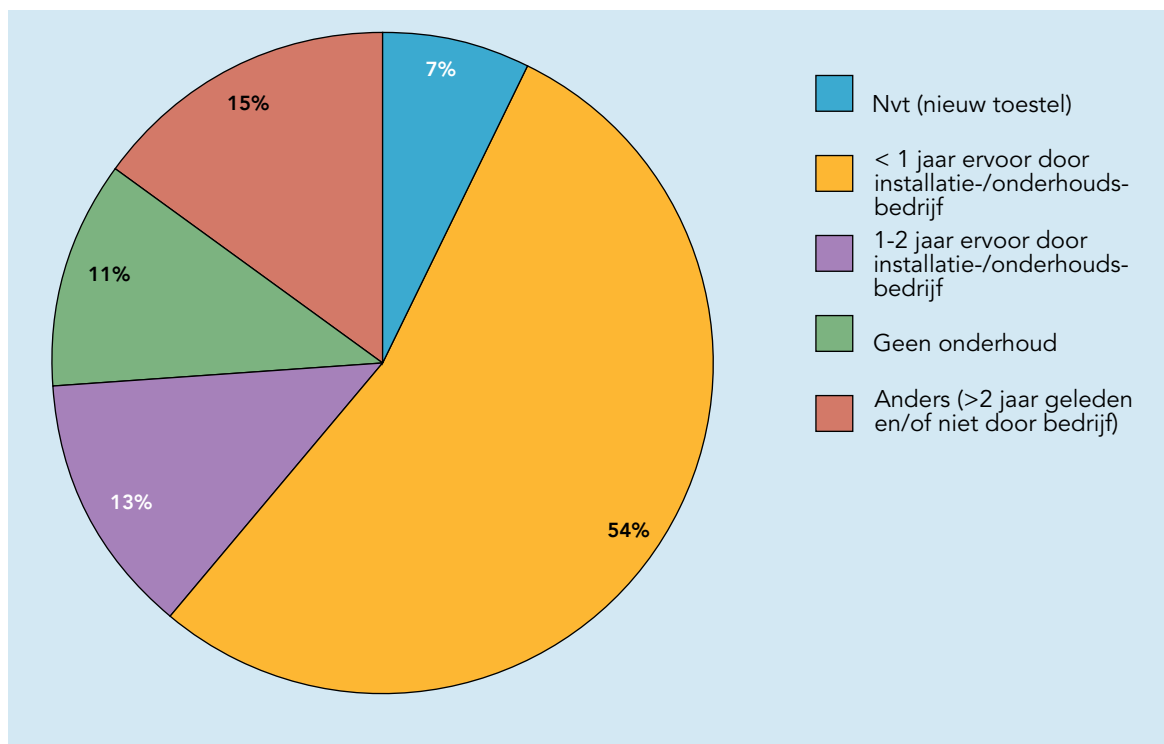
Figuur 58: Uitvoerder laatste onderhoud/controle voor het ongeval (onderhouden toestellen). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²¹⁵ Periodiek of onregelmatig onderhouden cv/geiser/kachel/haard.

Kenmerken laatst uitgevoerd onderhoud

Vraag enquête: Door wie werd het laatste onderhoud uitgevoerd? Wanneer was het verbrandingstoestel voor het laatst onderhouden voorafgaand aan het incident?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		40 van de 94 (43%)	
	Aantal	Percentage [%]	
N.v.t. (nieuw toestel)	4	7	
<1 jaar ervoor door onderhoudsbedrijf	29	54	
1-2 jaar ervoor door onderhoudsbedrijf	7	13	
Geen onderhoud	6	11	
Anders (> 2 jaar ervoor en/of niet door onderhoudsbedrijf)	8	15	
Totaal	54	100	



Figuur 59: Kenmerken laatst uitgevoerd onderhoud voor het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

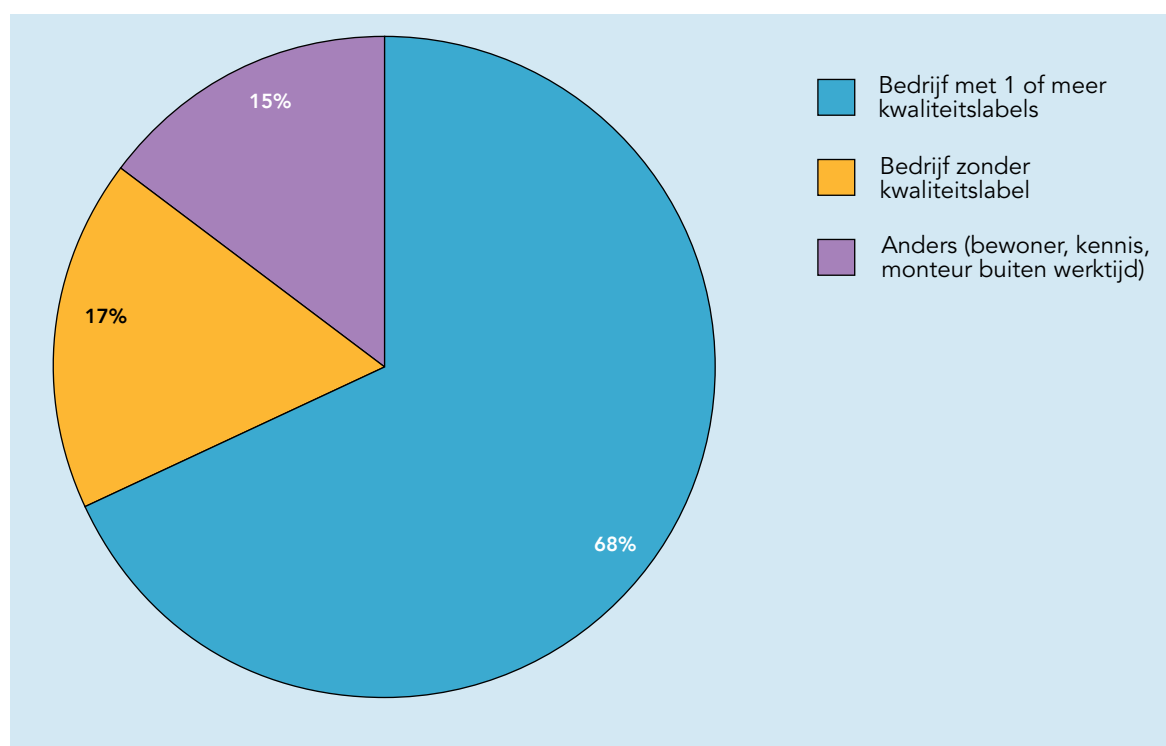
De categorie 'onbekend' is relatief groot, namelijk 43 procent. Dat komt doordat twee vragen gecombineerd zijn. Het laatste moment van onderhoud en de partij die het onderhoud uitvoerde kunnen voor de bewoner onbekend zijn. Bijvoorbeeld als geen onderhoudssticker aanwezig is, onderhoud niet of lang geleden plaatsvond, het ongeval bij de burens plaatsvond of omdat het een huurwoning is waarbij de woningeigenaar het onderhoud liet uitvoeren. Het is niet bekend in hoeverre dit aandeel 'onbekend' van invloed is op de uitkomsten.

Aanwezigheid kwaliteitslabel bij aanleg betrokken installateur

Vraag enquête: Door wie is het desbetreffende verbrandingstoestel geplaatst?²¹⁶

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		53 van de 94 (56%)	
	Aantal	Percentage [%]	
Bedrijf met 1 of meer kwaliteitslabels	28	68	
Bedrijf zonder kwaliteitslabel	7	17	
Anders	6	15	
Totaal	41	100	

Anders: bewoner, kennis, monteur buiten werktijd



Figuur 60: Aanwezigheid kwaliteitslabel bij aanleg installatie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

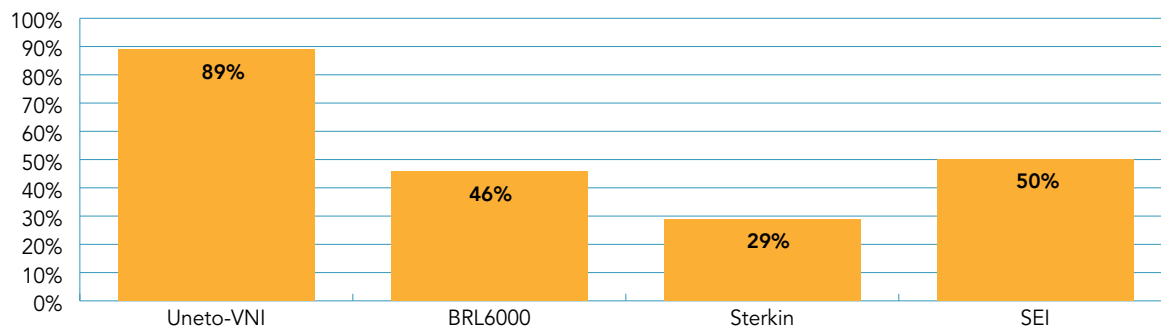
De categorie 'onbekend' is relatief groot, namelijk 56 procent. Dit komt doordat bewoners zich niet altijd de volledige naam van de installateur weten te herinneren. In een deel van de gevallen kenden zij wel een deel van de naam (bijvoorbeeld Installatieservice BV), maar op grond daarvan kon het bedrijf niet worden getraceerd. Bij bewoners van huurwoningen is de eigenaar vaak opdrachtgever en dan weet de bewoner ook niet altijd de naam van de installateur.

²¹⁶ Op basis van de opgegeven bedrijfsnamen heeft de Onderzoeksraad de aanwezigheid van kwaliteitslabels onderzocht.

De onderlinge verhouding tussen de voorkomende kwaliteitslabels is als volgt:

(Deel)verzameling:	Betrokken installateurs²¹⁷, n = 28	
Categorie onbekend:	0 van de 28 (0%)	
	Aantal*	Percentage²¹⁸ [%]
Uneto-VNI	25	89
BRL6000	13	46
STERKIN	3	29
SEI	14	50
Totaal	55²¹⁹	N.v.t.

* Meerdere antwoorden waren mogelijk.



Figuur 61: Verdeling aanwezige kwaliteitslabels bij aanleg installatie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Aandeel Kwaliteitsvakman: onbekend.

Het keurmerk OK CV bestond nog niet; er was één ongeval met een installateur in de hier bekeken groep die inmiddels dit keurmerk draagt.

²¹⁷ Aandeel van een label in de 28 ongevallen, waarbij een installateur met een of meer kwaliteitslabels betrokken was.

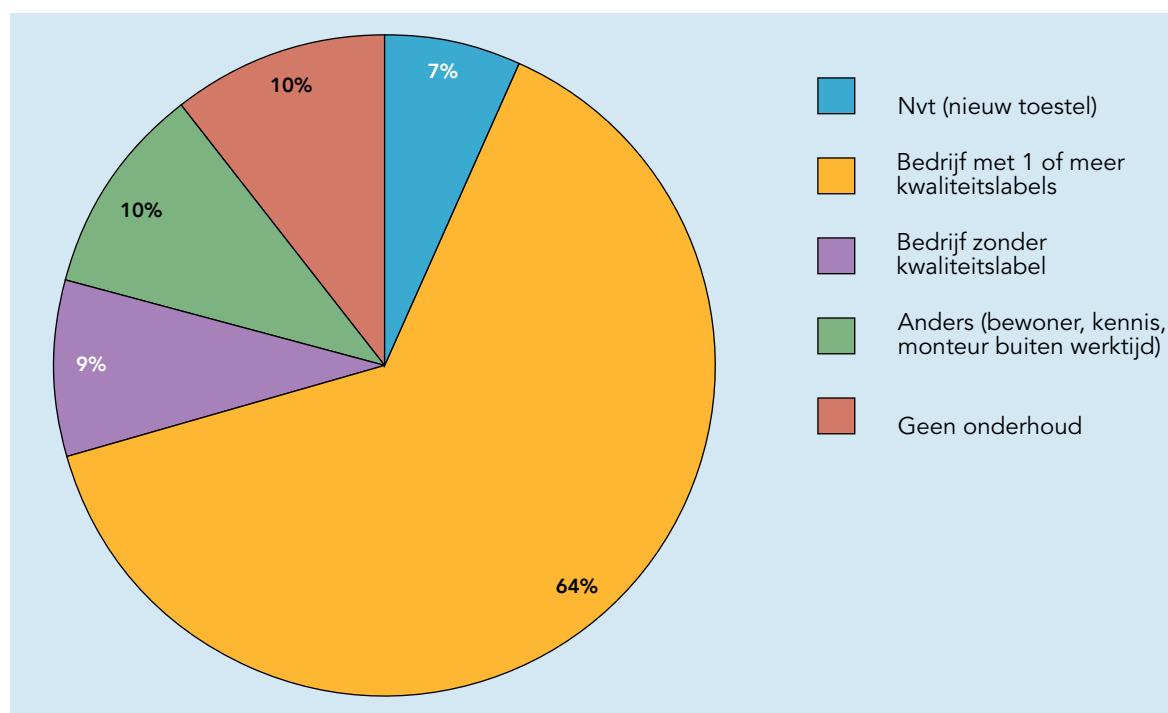
²¹⁸ Meerdere installateurs dragen meerdere kwaliteitslabels. Van de 28 voorvallen, waarbij bekend is dat een installateur met een of meer kwaliteitslabels bij de aanleg van de installatie betrokken was, was in totaal zestig keer een kwaliteitslabel betrokken (gemiddeld 60/28 = 2,1 per installateur).

²¹⁹ Op basis van de opgegeven bedrijfsnamen heeft de Onderzoeksraad de aanwezigheid van kwaliteitslabels onderzocht. Installateurs betrokken bij onderhoud/controle van het toestel dat de bron van het ongeval vormde en van wie bekend is dat ze in het bezit zijn van een kwaliteitslabel.

Aanwezigheid kwaliteitslabel bij onderhoud/controle betrokken installateur

Vraag enquête: Door wie werd het laatste onderhoud uitgevoerd?²²⁰

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		36 van de 94 (38%)	
	Aantal	Percentage [%]	
N.v.t. (nieuw toestel)	4	7	
Bedrijf met 1 of meer kwaliteitslabels	37	64	
Bedrijf zonder kwaliteitslabel	5	9	
Anders	6	10	
Geen onderhoud	6	10	
Totaal	58	100	
Anders: bewoner, kennis, monteur buiten werktijd			



Figuur 62: Aanwezigheid kwaliteitslabels bij onderhoud/controle installatie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

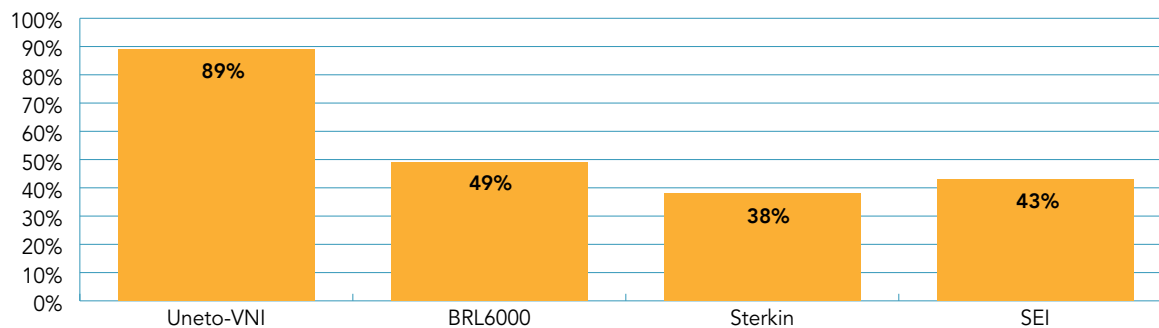
De categorie 'onbekend' is relatief hoog, namelijk 38 procent. Dat komt doordat bewoners zich niet altijd de volledige naam van de installateur weten te herinneren. In een deel van de gevallen kenden zij wel een deel van de naam (bijvoorbeeld Installatieservice BV), maar op grond daarvan kon het bedrijf niet worden getraceerd. Bij bewoners van huurwoningen is de eigenaar vaak opdrachtgever en dan weet de bewoner ook niet altijd de naam van de installateur.

²²⁰ Op basis van de opgegeven bedrijfsnamen heeft de Onderzoeksraad de aanwezigheid van kwaliteitslabels onderzocht.

De verdeling onderlinge verhouding tussen de voorkomende kwaliteitslabels is als volgt:

(Deel)verzameling:		Betrokken installateurs²²¹, n = 37	
Categorie onbekend:		0 van de 37 (0%)	
	Aantal*	Percentage²²² [%]	
Uneto-VNI	33	89	
BRL6000	18	49	
STERKIN	14	38	
SEI	16	43	
Totaal	81²²³	N.v.t.	

* Meerdere antwoorden waren mogelijk.



Figuur 63: Verdeling aanwezige kwaliteitslabels bij onderhoud/controle installatie. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Bij Kwaliteitsvakman is het aandeel onbekend.

Het keurmerk OK CV bestond nog niet ten tijde van de ongevallen. Er waren drie ongevallen met een installateur in de hier bekeken groep die inmiddels dit keurmerk draagt.

²²¹ Installateurs betrokken bij onderhoud/controle van het toestel dat de bron van het ongeval vormde en van wie bekend is dat ze in het bezit zijn van een kwaliteitslabel.

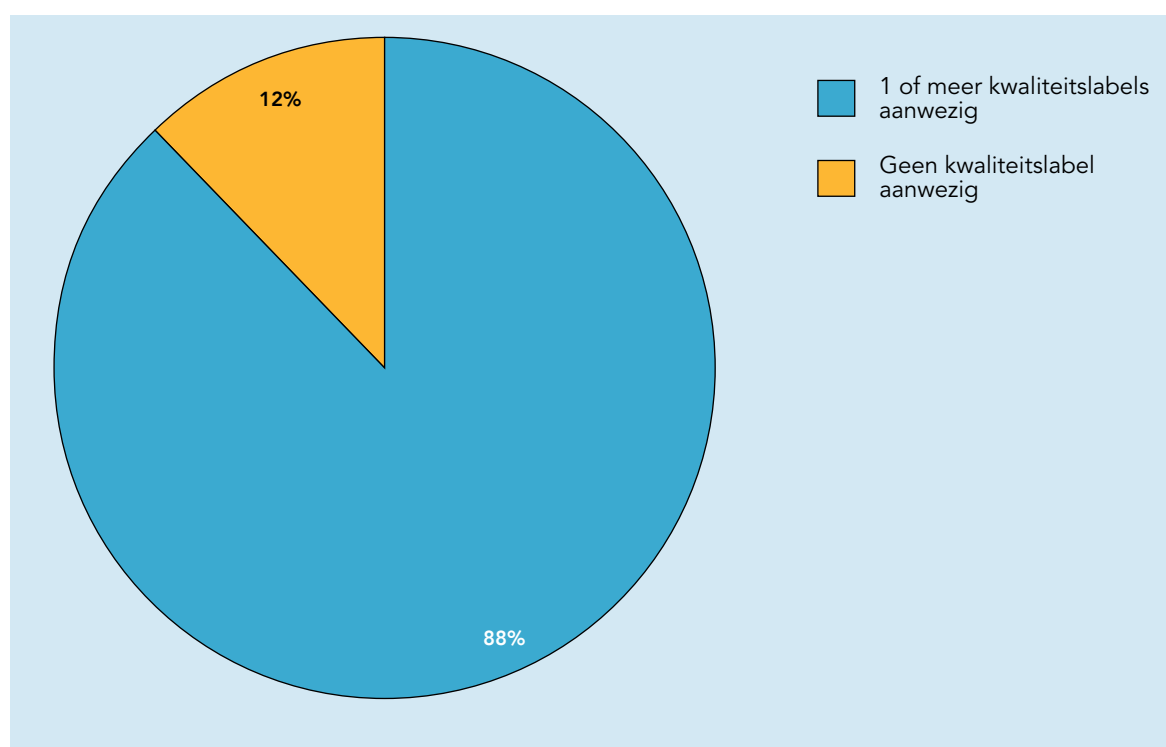
²²² Aandeel van een label in de 37 ongevallen, waarbij een installateur met een of meer kwaliteitslabels betrokken was.

²²³ Meerdere installateurs dragen meerdere kwaliteitslabels. Van de 28 voorvallen waarbij bekend is dat een installateur met een of meer kwaliteitslabels bij de aanleg van de installatie betrokken was, was in totaal zestig keer een kwaliteitslabel betrokken (gemiddeld $81/37 = 2,2$ per installateur).

Aanwezigheid kwaliteitslabel bij op enig moment betrokken installateur

Vraag enquête: Door wie is het desbetreffende verbrandingstoestel geplaatst? Door wie werd het laatste onderhoud uitgevoerd?²²⁴

(Deel)verzameling:	Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:	44 van de 94 (47%)	
	Aantal	Percentage [%]
Kwaliteitslabel aanwezig	44	88
Zonder kwaliteitslabel	6	12
Totaal	50	100



Figuur 64: Aanwezigheid kwaliteitslabel op enig moment betrokken installateur. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

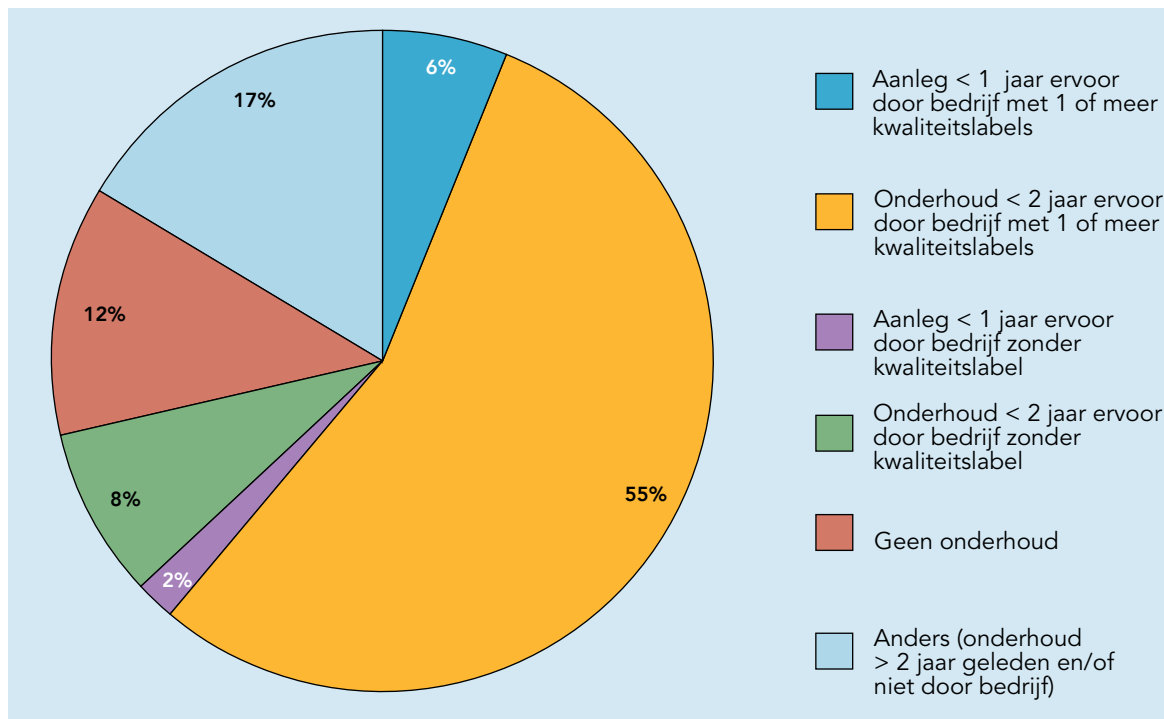
De categorie 'onbekend' is relatief hoog, namelijk 47 procent. Bewoners weten zich niet altijd de volledige naam van de installateur te herinneren. In een deel van de gevallen kenden zij wel een deel van de naam (bijvoorbeeld Installatieservice BV), maar op grond daarvan kon het bedrijf niet worden getraceerd. Bij bewoners van huurwoningen is de eigenaar vaak opdrachtgever en dan weet de bewoner ook niet altijd de naam van de installateur.

²²⁴ Op basis van de opgegeven bedrijfsnamen heeft de Onderzoeksraad de aanwezigheid van kwaliteitslabels onderzocht.

Kenmerken en keurmerken laatst uitgevoerd onderhoud

Vraag enquête: Door wie werd het laatste onderhoud uitgevoerd? Wanneer was het verbrandingstoestel voor het laatst onderhouden voorafgaand aan het incident?

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		45 van de 94 (48%)	
	Aantal	Percentage [%]	
Aanleg < 1 jaar ervoor door bedrijf met kwaliteitslabel	3	6	
Onderhoud < 2 jaar ervoor door bedrijf met kwaliteitslabel	27	55	
Aanleg < 1 jaar ervoor door bedrijf zonder kwaliteitslabel	1	2	
Onderhoud < 2 jaar ervoor door bedrijf zonder kwaliteitslabel	4	8	
Geen onderhoud	6	12	
Anders (onderhoud > 2 jaar geleden en/of niet door bedrijf)	8	17	
Totaal	49	100	



Figuur 65: Kwaliteitslabels laatst uitgevoerde onderhoud. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

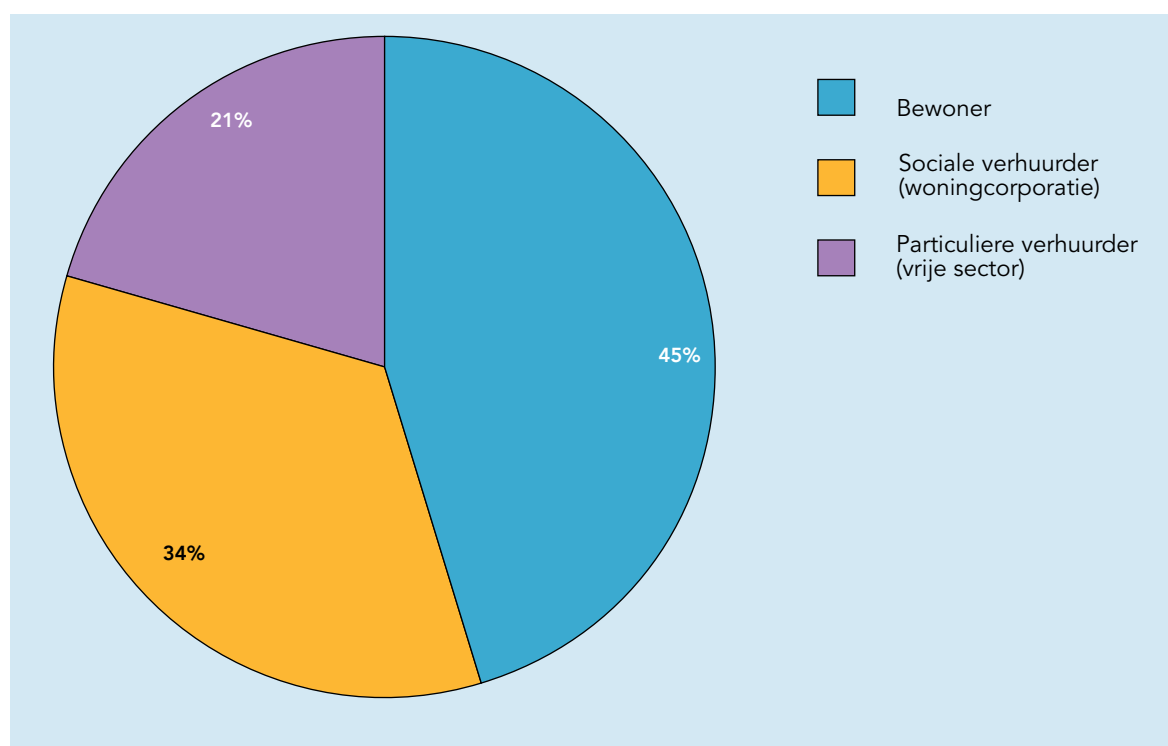
De categorie 'onbekend' is relatief hoog, namelijk 48 procent. Dit komt doordat twee vragen gecombineerd zijn. Het laatste moment van onderhoud en de partij die het onderhoud uitvoerde, kunnen voor de bewoner onbekend zijn. Bijvoorbeeld omdat er geen onderhoudssticker aanwezig is, onderhoud niet of lang geleden plaatsvond, het ongeval bij de burens plaatsvond of omdat het een huurwoning is waarbij de woningeigenaar het onderhoud liet uitvoeren. Het is niet bekend in hoeverre dit aandeel 'onbekend' van invloed is op de uitkomsten.

H.4 Type en eigendom woning

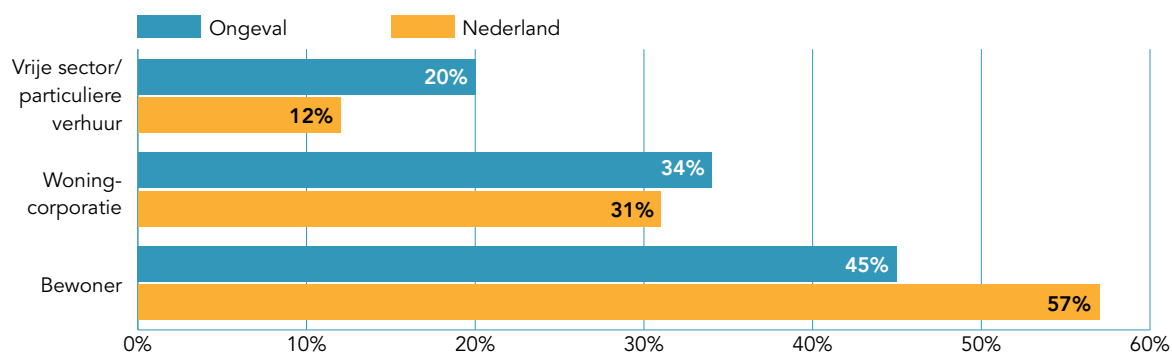
Eigenaar woning

Vraag enquête: Wie was de eigenaar van deze woning ten tijde van het incident?

(Deel)verzameling:	Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:	6 van de 94 (6%)	
	Aantal	Percentage [%]
Bewoner	40	45
Woningcorporatie	30	34
Vrije sector/ particuliere verhuur	18	21
Totaal	88	100



Figuur 66: Eigenaar woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

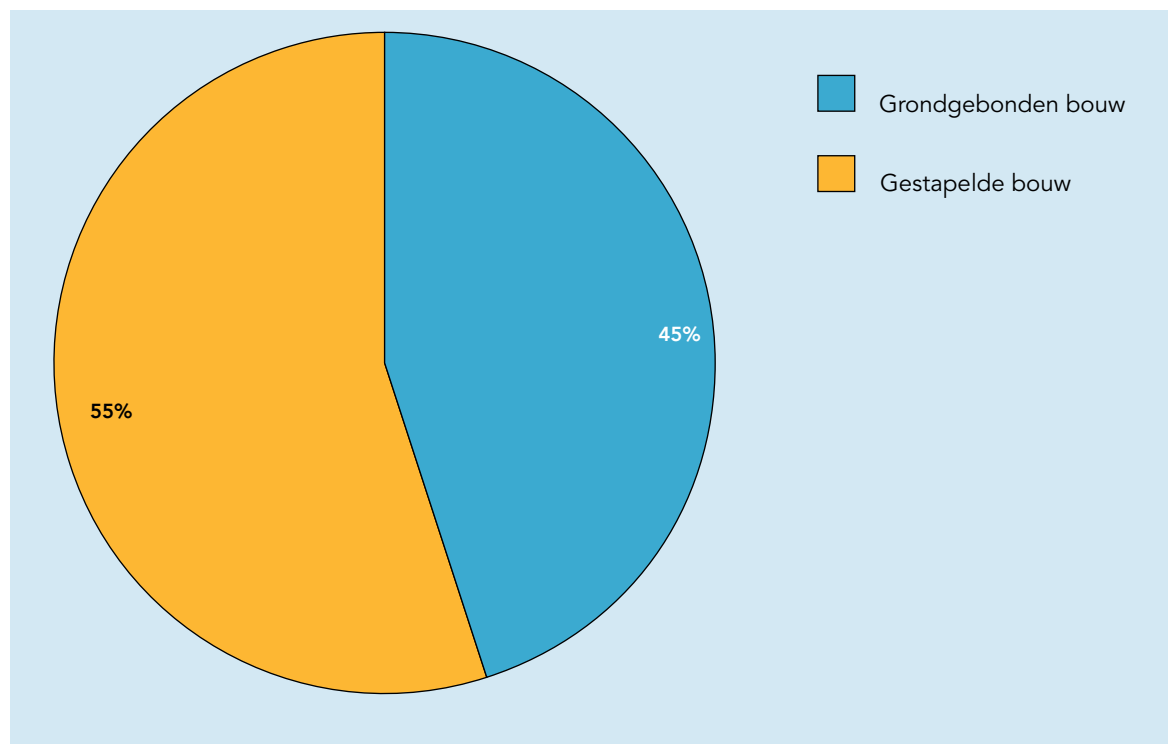


Figuur 67: Aandeel woningeigendom bij de ongevallen in vergelijking met woningen in Nederland.

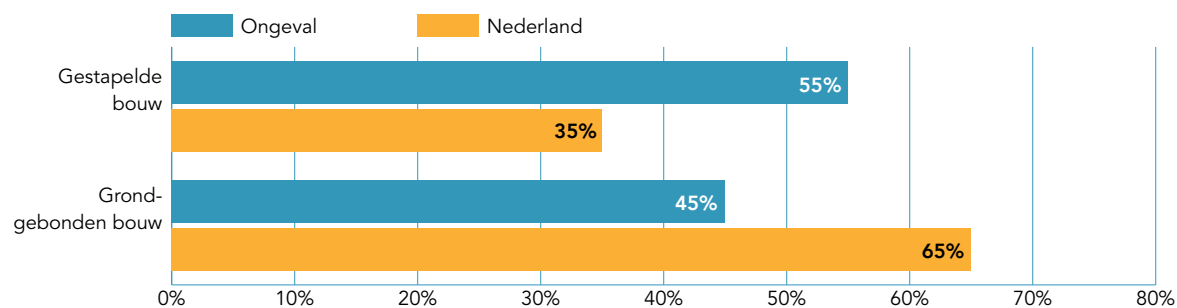
Type bouwstijl

Gegevens niet uit enquête maar afkomstig van DataLand en door de Onderzoeksraad aangevuld met behulp van Google Maps Street View.

(Deel)verzameling: Cv/geiser/kachel/haard, n = 94		
Categorie onbekend: 1 van de 94 (1%)		
	Aantal	Percentage [%]
Grondgebonden bouw	42	45
Gestapelde bouw	51	55
Totaal	93	100



Figuur 68: Type bouwstijl woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)



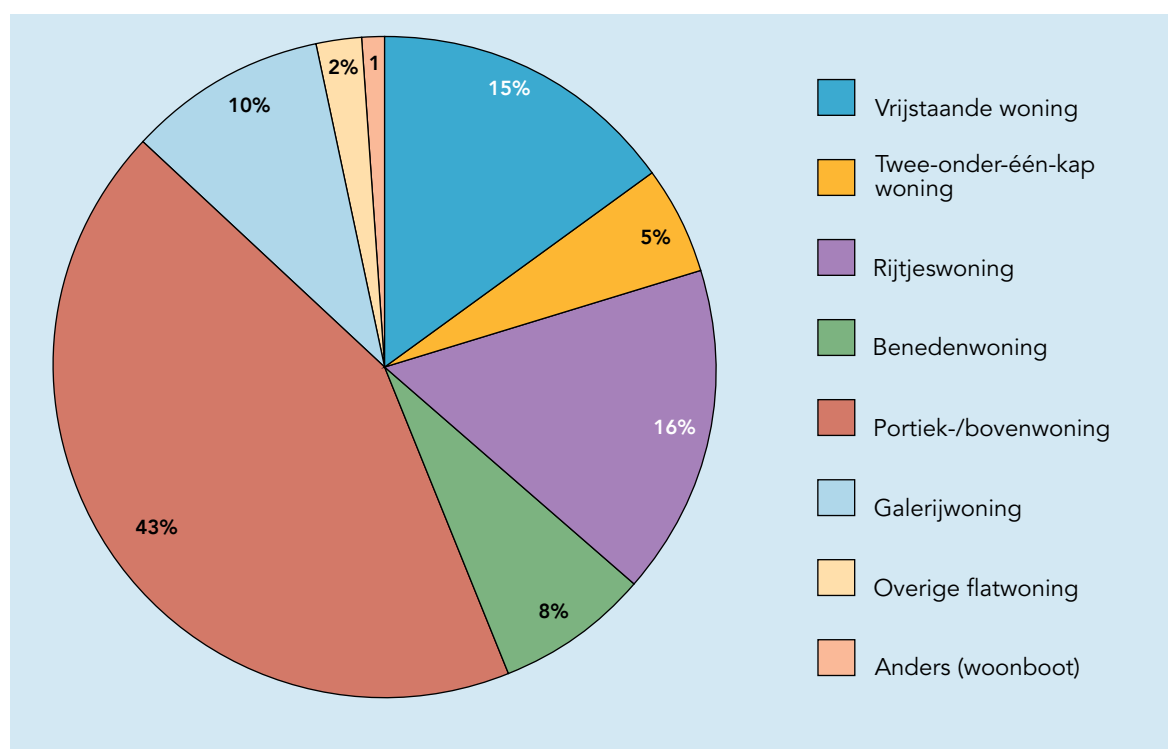
Figuur 69: Aandeel grondgebonden en gestapelde bouw bij de ongevallen in vergelijking met woningen in Nederland

Type woning

Gegevens niet uit enquête maar afkomstig van DataLand en door de Onderzoeksraad aangevuld met behulp van Google Maps Street View.

(Deel)verzameling:		cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		1 van de 94 (1%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
Vrijstaande woning	14	15	
Twee-onder-een-kapwoning	5	5	
Rijtjeswoning	15	16	
Benedenwoning ²²⁵	7	8	
Portiek-/bovenwoning ²²⁶	40	43	
Galerijwoning	9	10	
Overige flatwoning ²²⁷	2	2	
Anders (woonboot)	1	1	
Totaal	93	100	

* Meerdere antwoorden waren mogelijk.



Figuur 70: Type woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²²⁵ Een woning gelegen op de begane grond van een gebouw met meerdere bouwlagen. Deze woning is 'grondgebonden', terwijl de woningen erboven onder 'gestapelde bouw' vallen.

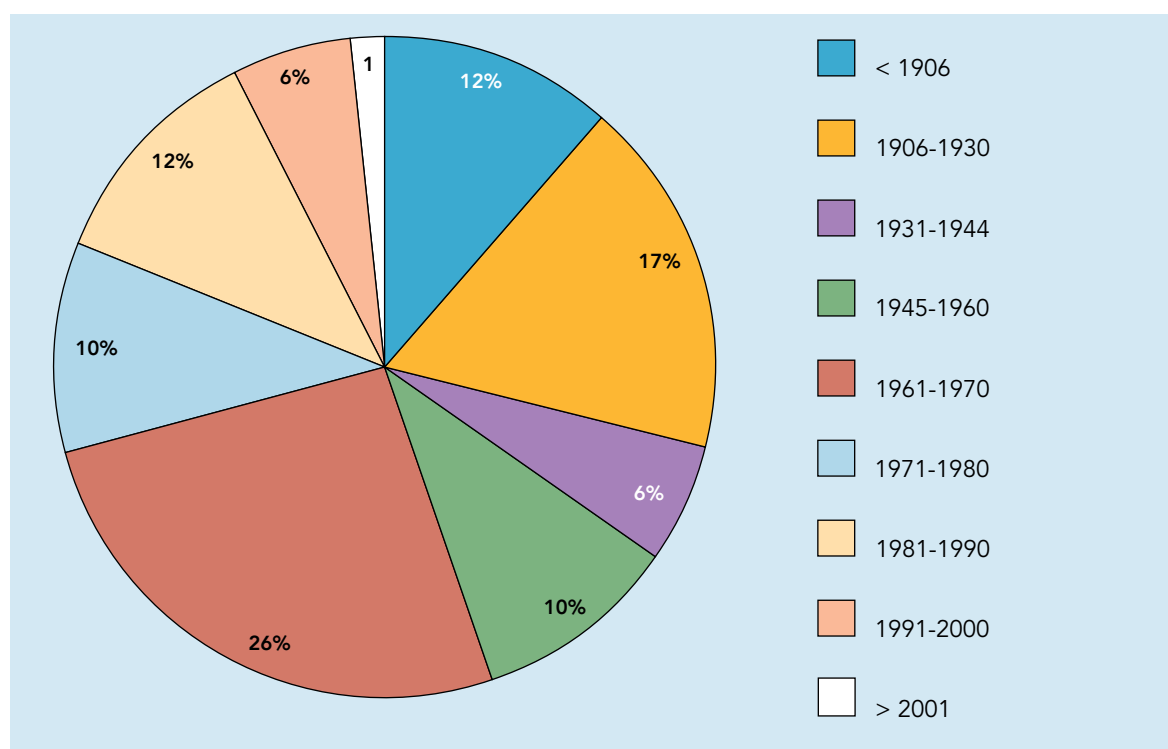
²²⁶ Binnen deze categorie vallen zowel bovenwoningen met een eigen trappenhuis als bovenwoningen met een gemeenschappelijk trappenhuis/portiek.

²²⁷ Bijvoorbeeld een corridorflat.

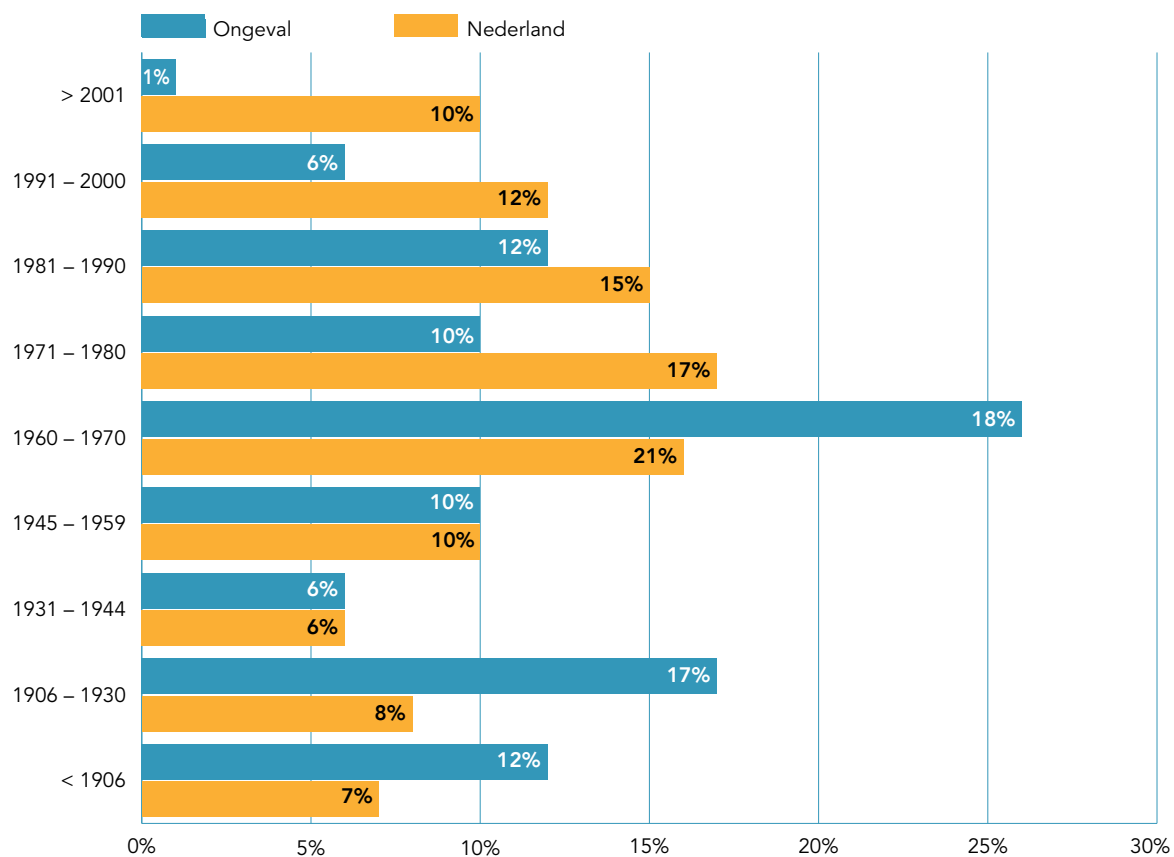
Bouwjaar woning

Gegevens niet uit enquête maar afkomstig van DataLand.

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94
Categorie onbekend:		25 van de 94 (27%)
	Aantal	Percentage [%]
< 1906	8	12
1906-1930	12	17
1931-1944	4	6
1945-1959	7	10
1960-1970	18	26
1971-1980	7	10
1981-1990	8	12
1991-2000	4	6
> 2001	1	1
Totaal	69	100



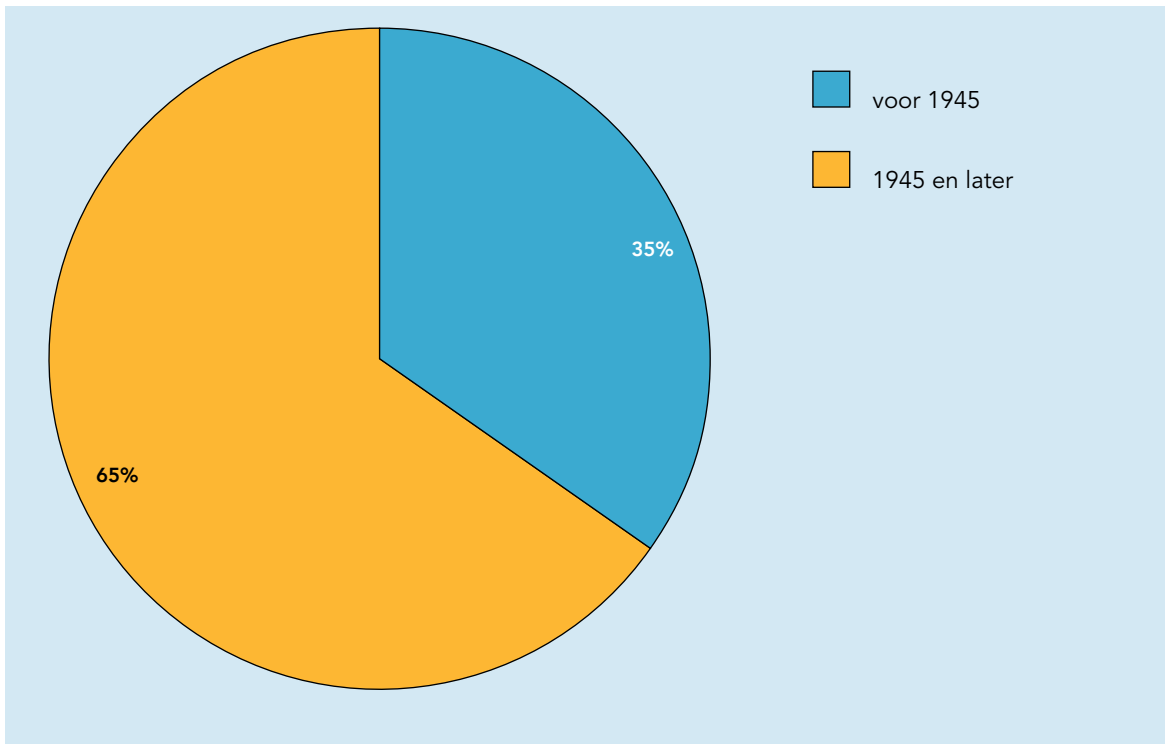
Figuur 71: Bouwjaar woning (in detail). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)



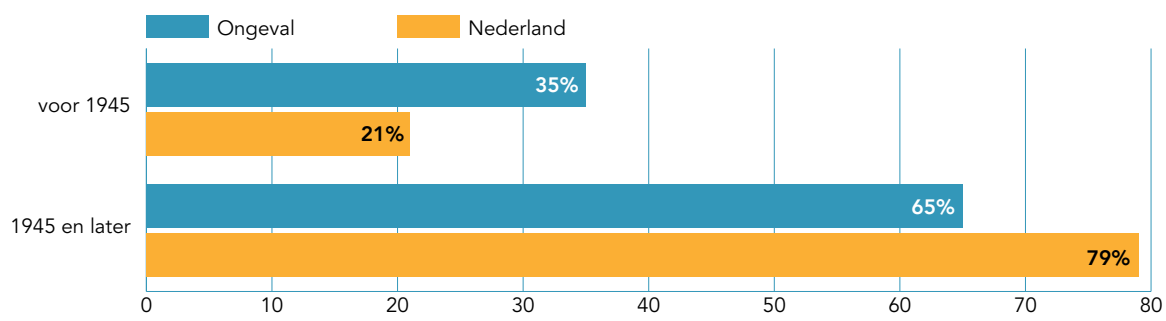
Figuur 72: Verdeling woningen per bouwjaar bij de ongevallen in vergelijking met woningen Nederland.
(Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Als het bouwjaar onderverdeeld wordt in de categorieën voor- en naoorlogs, zijn de resultaten als volgt:

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94	
Categorie onbekend:		25 van de 94 (27%)	
	Aantal	Percentage [%]	
Voor 1945	24	35	
1945 en later	45	65	
Totaal	69	100	



Figuur 73: Bouwjaar woning (voor- en naoorlogs). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)



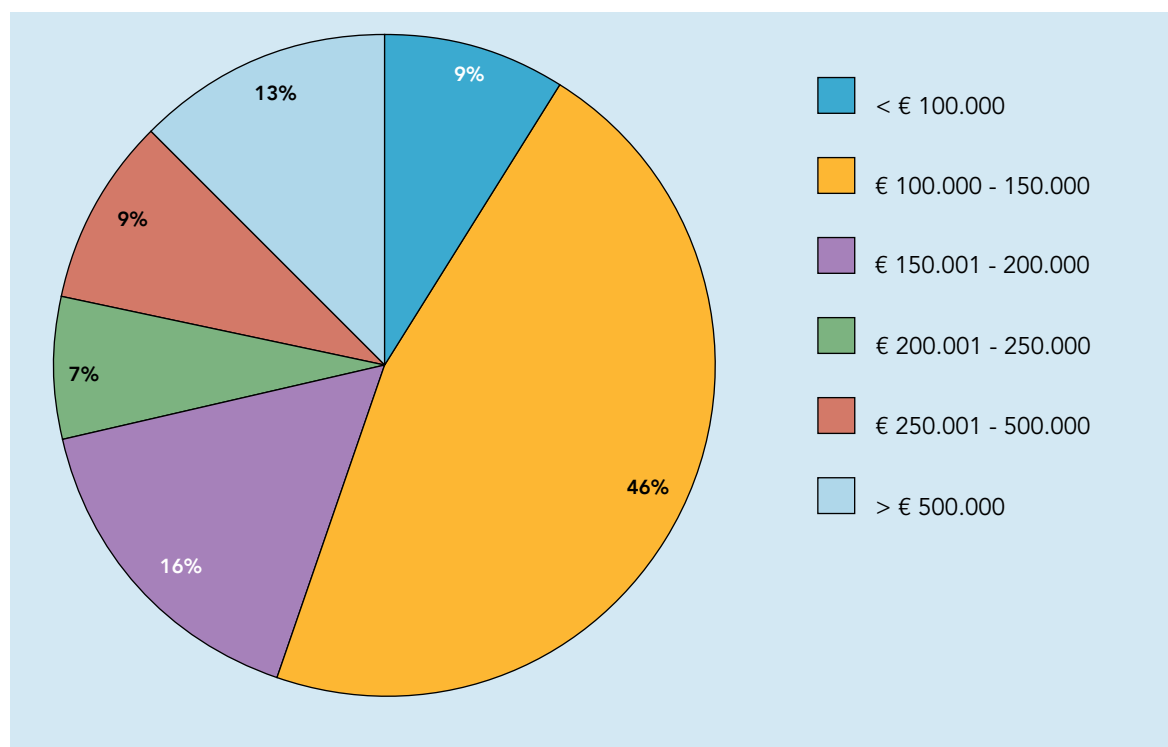
Figuur 74: Verdeling woningen voor-/naoorlogs bij ongevallen in vergelijking met woningen in Nederland.

WOZ-waarde woning

Gegevens niet uit enquête maar afkomstig van DataLand. Dataland hanteert een groot aantal elkaar overlappende klassen. Voor elke woning is de WOZ-waarde gebruikt die midden tussen de onderste en bovenste klassegrens in ligt.

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94
Categorie onbekend:		38 van de 94 (40%)
	Aantal	Percentage [%]
< € 100.000	5	9
€ 100.001-150.000	26	46
€ 150.001-200.000	9	16
€ 200.001-250.000	4	7
€ 250.001-500.000	5	9
> € 500.000	7	13
Totaal	56	100

* Meerdere antwoorden waren mogelijk.



Figuur 75: WOZ-waarde woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

De categorie 'onbekend' is 40 procent.

De WOZ-waarde was niet voor alle woningen bekend bij Dataland. Het is niet bekend welke invloed het aandeel 'onbekend' heeft op de uitkomsten.

H.5 Detectie en diagnosticering

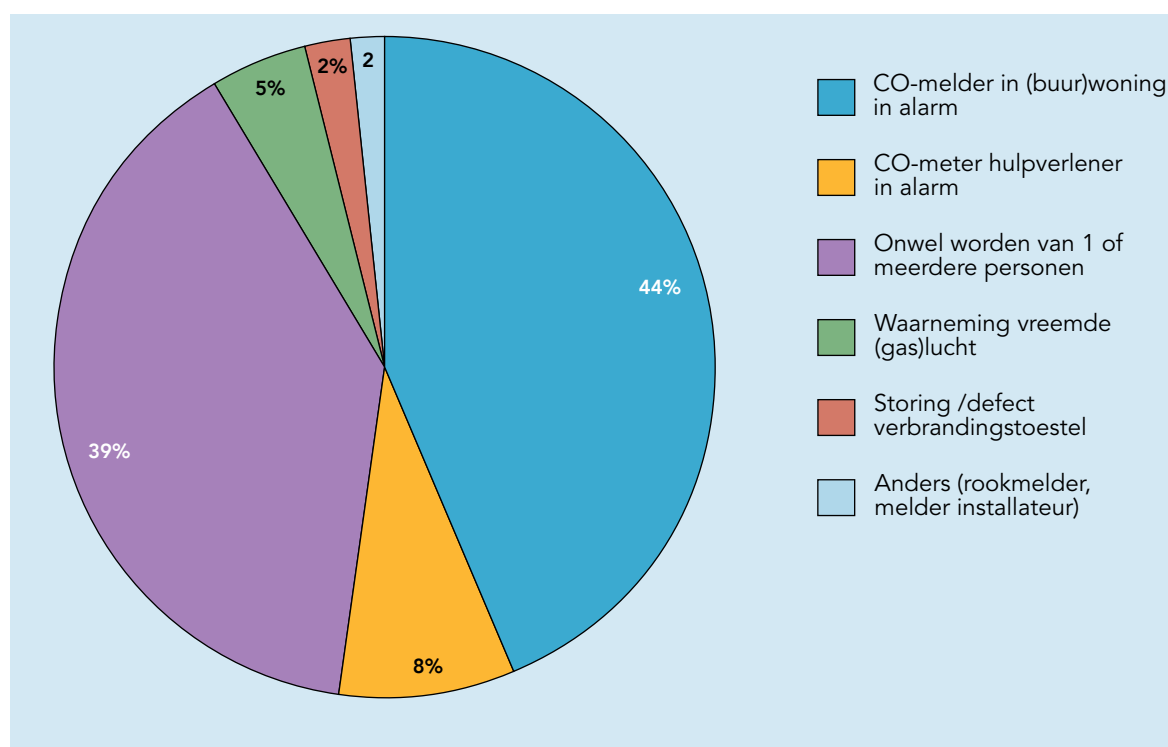
Herkenning ongeval

Vraag enquête: Wat was de directe aanleiding voor de melding van het incident?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114	
Categorie onbekend:	1 van de 114 (1%)	
	Aantal*	Percentage [%]
CO-melder ging af	57	44
CO-meter hulpverlener	11	8
Vergiftiging (onwel)	51	39
Vreemde (gas)lucht	6	5
Storing/defect	3	2
Anders	2	2
Totaal	130	100

Anders: rookmelder, meter installateur

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.



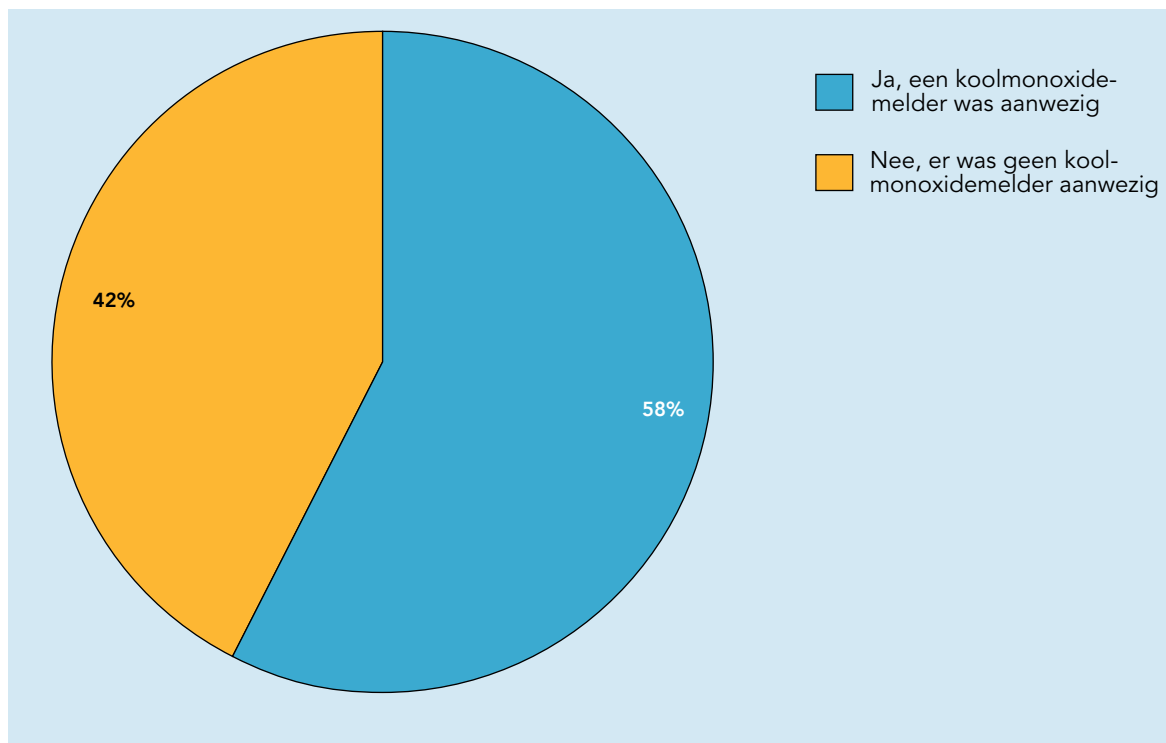
Figuur 76: Aanleiding voor het detecteren van het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Het aandeel ongevallen waarbij een CO-melder afging, is inclusief de ongevallen waarbij een CO-melder elders (in een buurwoning bijvoorbeeld) afging.

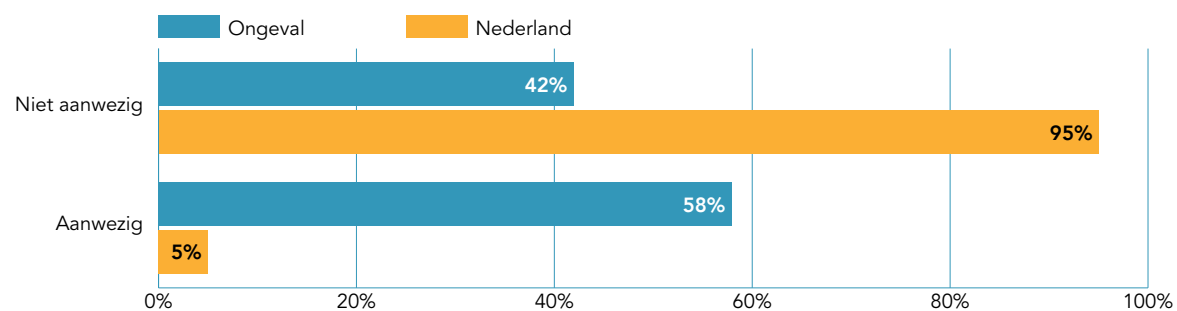
Bezit koolmonoxidemelder

Vraag enquête: Had u ten tijde van het ongeval een CO-melder?

(Deel)verzameling:		Totaal, n = 114
Categorie onbekend:		10 van de 114 (9%)
	Aantal	Percentage [%]
Ja, CO-melder aanwezig	60	58
Nee, geen CO-melder	44	42
Totaal	104	100



Figuur 77: Aanwezigheid koolmonoxidemelder. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

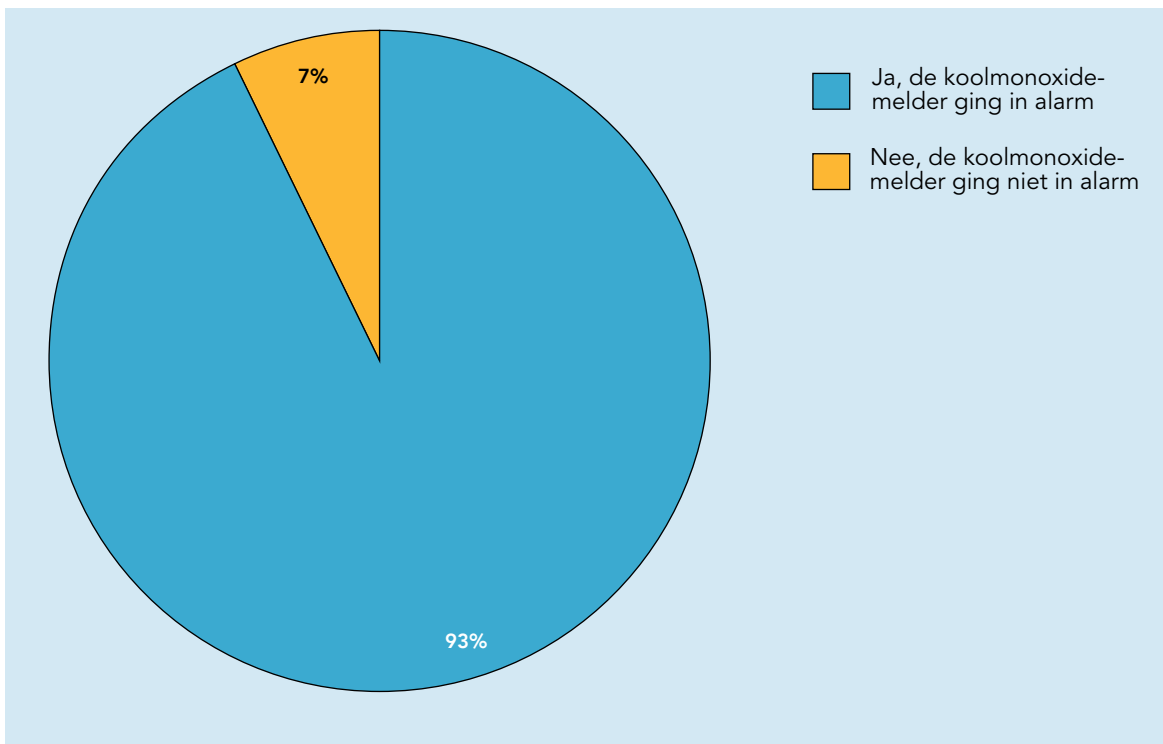


Figuur 78: Aanwezigheid koolmonoxidemelder bij ongevallen in vergelijking met woningen in Nederland. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Functioneren koolmonoxidemelder bij ongeval

Vraag enquête: Wat was de directe aanleiding voor de melding van het incident?

(Deel)verzameling:		CO-melder aanwezig, n = 60	
Categorie onbekend:		3 van de 60 (5%)	
	Aantal	Percentage [%]	
CO-melder ging af	53	93	
CO-melder ging niet af	4	7	
Totaal	57	100	

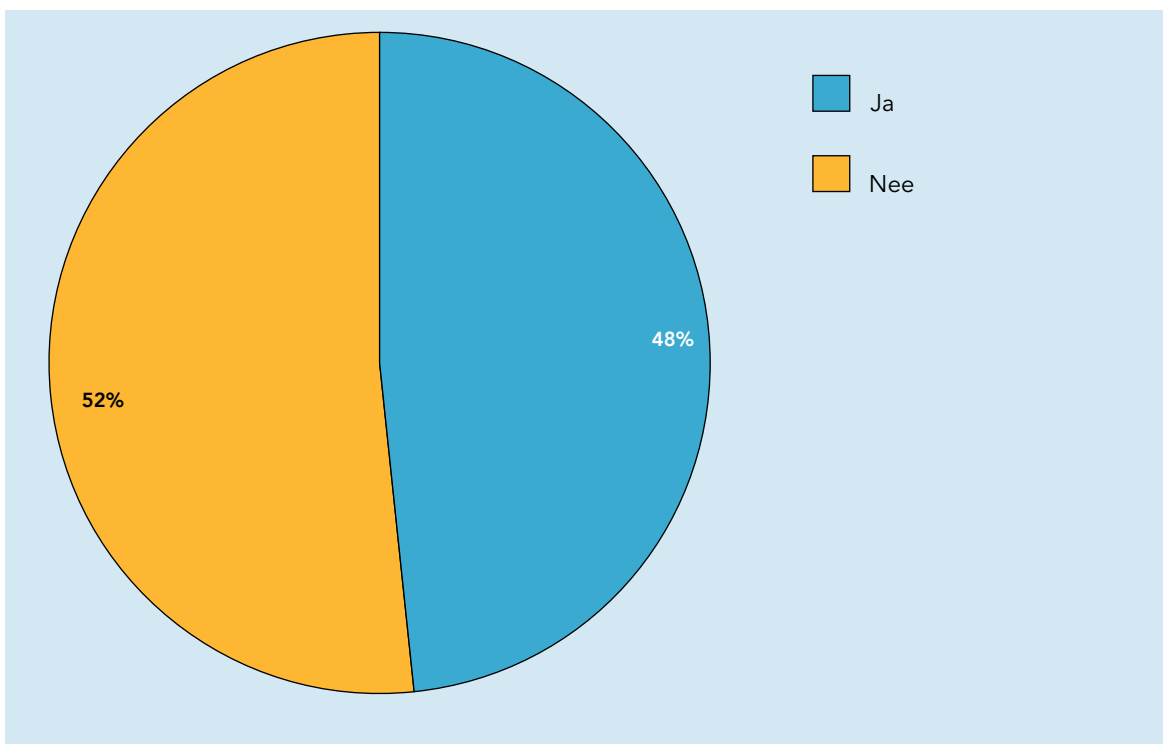


Figuur 79: Koolmonoxidemelder in alarm tijdens ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Klachten voorafgaand aan het ongeval

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) in de periode voorafgaand (weken) aan het incident een of meerdere van onderstaande klachten?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114	
Categorie onbekend:	21 van de 114 (18%)	
	Aantal	Percentage [%]
Ja	45	48
Nee	48	52
Totaal	93	100



Figuur 80: Klachten voorafgaand aan het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

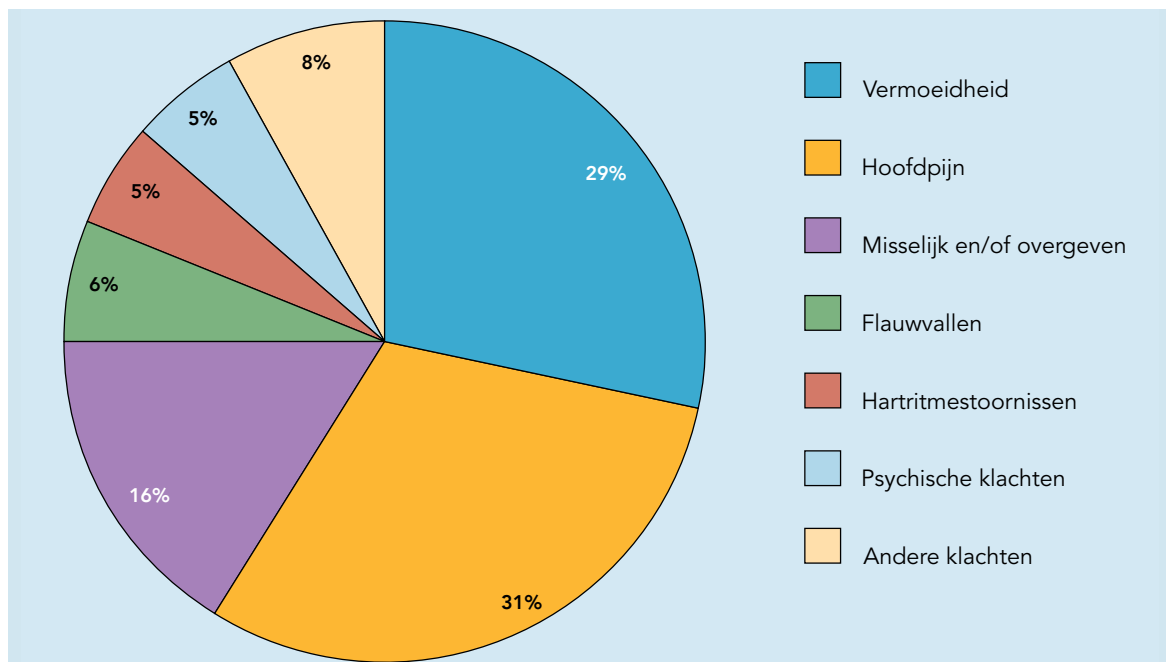
Soort klachten voor het ongeval

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) in de periode voorafgaand (weken) aan het incident een of meerdere van onderstaande klachten?²²⁸

(Deel)verzameling:		Klachten voor, n = 45	
Categorie onbekend:		23 van de 45 (51%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
Vermoeidheid	32	29	
Hoofdpijn	34	31	
Misselijk/overgeven	18	16	
Flauwvallen	7	6	
Hartritmestoornis	6	5	
Psychische klachten	6	5	
Anders	9	8	
Totaal	112	100	

Psychisch en anders: duizelig, benauwd, griepig, spierklachten, angst, somber, depressief, gejaagd gevoel, trillende handen, hyperventilatie, verminderd concentratievermogen, keelpijn, nekpijn, pijn op borst, niet nader gespecificeerde andere klachten.

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête. Het gaat hier om klachten per ongeval (en niet per persoon). Het percentage geeft de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende soorten klachten weer.



Figuur 81: Soort klachten voorafgaand aan het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

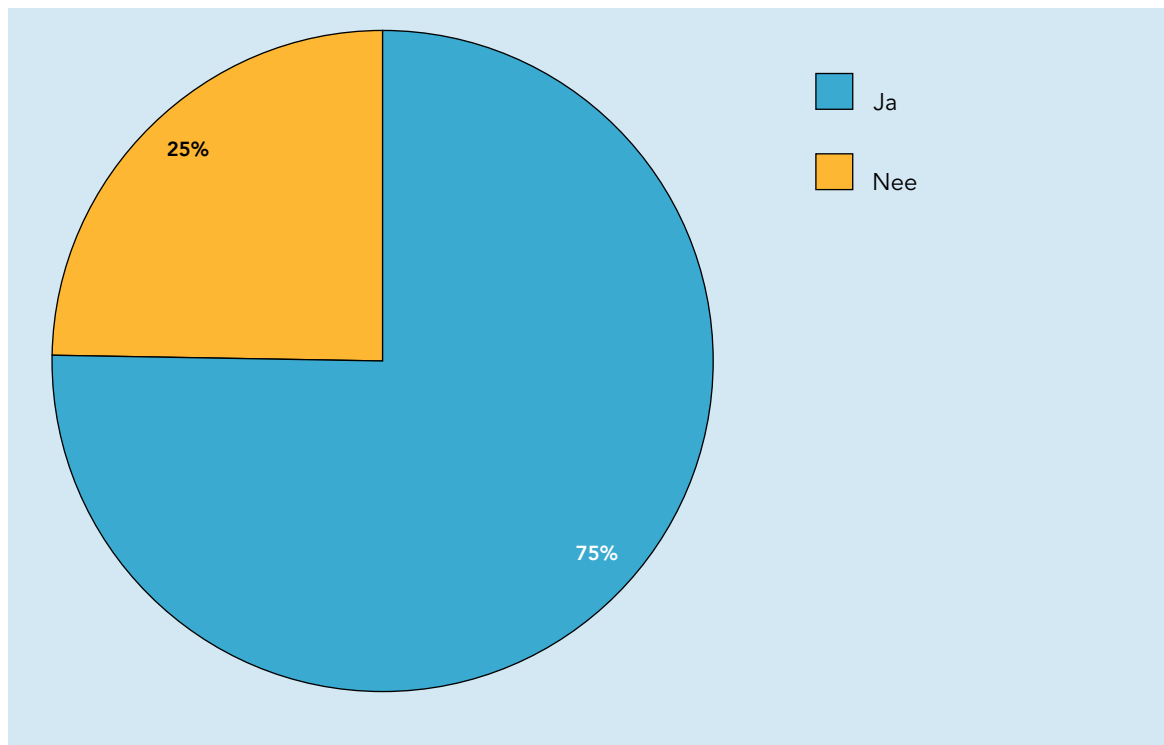
²²⁸ Opgemerkt wordt dat niet vastgesteld kan worden welke van de opgegeven klachten het gevolg zijn van koolmonoxidevergiftiging en aan welke een andere oorzaak ten grondslag ligt.

De categorie 'onbekend' is relatief hoog, namelijk 51 procent. In een deel van de enquêtes is deze vraag niet beantwoord. Het is niet bekend of dit komt doordat bewoners geen klachten hadden of zich dit niet meer kunnen herinneren.

Klachten tijdens het ongeval

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) op de dag van het incident een of meerdere van onderstaande klachten?

(Deel)verzameling:		Totaal, n = 114
Categorie onbekend:		27 van de 94 (29%)
	Aantal	Percentage [%]
Ja	80	75
Nee	26	25
Totaal	106	100



Figuur 82: Klachten tijdens het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

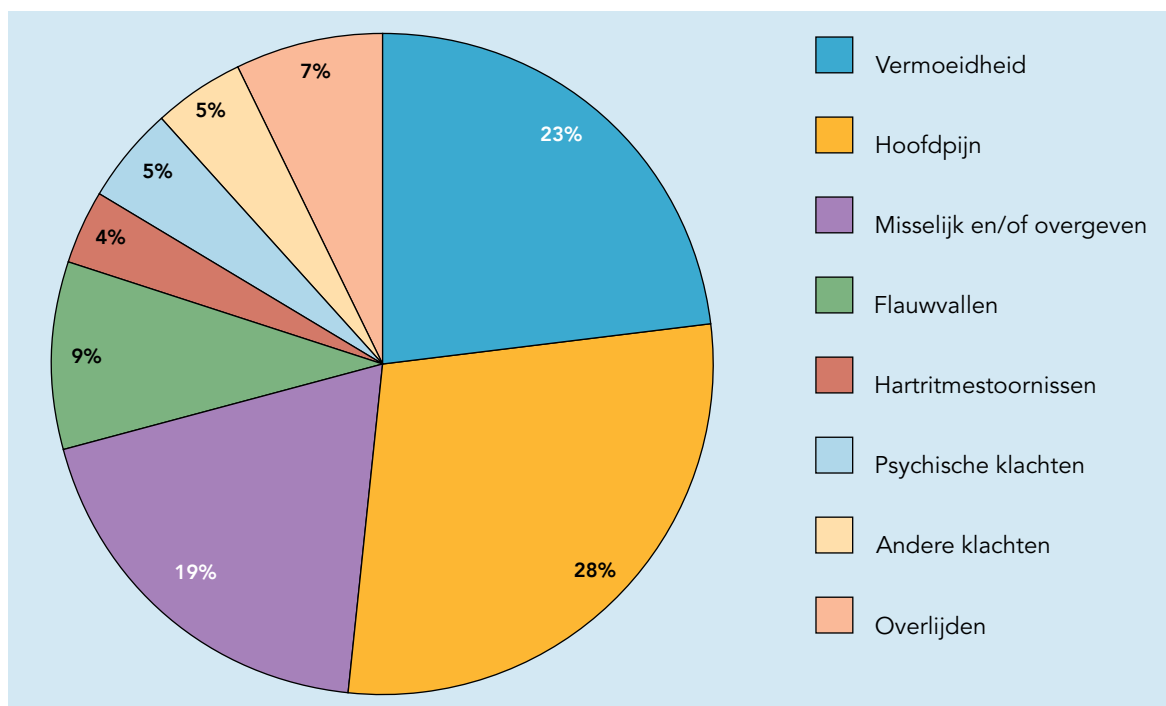
Soort klachten tijdens het ongeval²²⁹

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) op de dag van het incident een of meerdere van onderstaande klachten?

(Deel)verzameling:		Klachten tijdens, n = 80	
Categorie onbekend:		11 van de 80 (14%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
Vermoeidheid	40	23	
Hoofdpijn	49	28	
Misselijk en overgeven	33	19	
Flauwvallen	16	9	
Hartritmestoornis	6	4	
Psychische klachten	8	5	
Anders	8	5	
Overlijden	12	7	
Totaal	172	100*	

Psychisch en anders: benauwd, griepig, angstig, depressief, uitgeput, keelpijn, gejaagd gevoel, trillende handen, suizende oren, hyperventileren, huid kleurde rozig, slap op de benen, bijna niet kunnen staan, slecht kunnen ademen en concentreren, pijn op de borst, verminderd zicht, duizelig, bewusteloos, coma, niet nader gespecificeerde andere klachten

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête. Het gaat hier om klachten per ongeval (en niet per persoon). Het percentage geeft de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende soorten klachten weer.



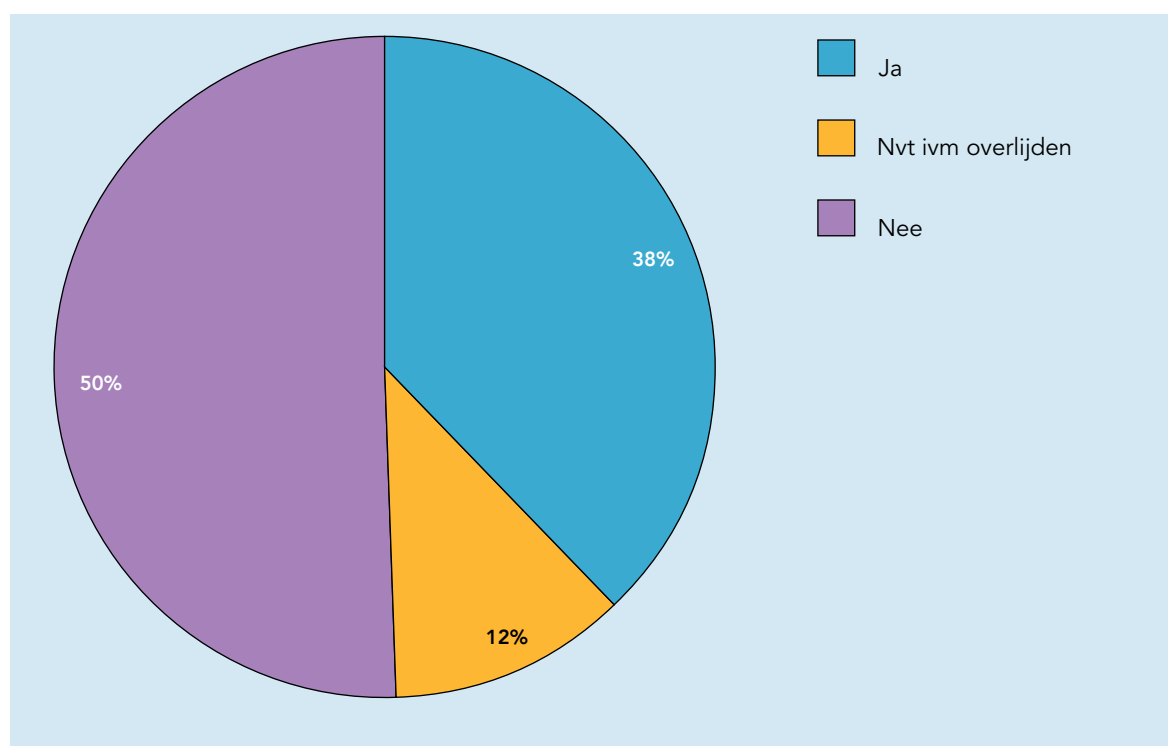
Figuur 83: Soort klachten tijdens het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²²⁹ Opgemerkt wordt dat niet vastgesteld kan worden welke van de opgegeven klachten het gevolg zijn van koolmonoxidevergiftiging en aan welke een andere oorzaak ten grondslag ligt.

Klachten na het ongeval

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) een maand na het incident een of meerdere van onderstaande klachten?

(Deel)verzameling:		Totaal, n = 114
Categorie onbekend:		11 van de 114 (10%)
	Aantal	Percentage [%]
Ja	39	38
N.v.t. i.v.m. overlijden	12	12
Nee	52	50
Totaal	103	100



Figuur 84: Klachten na het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

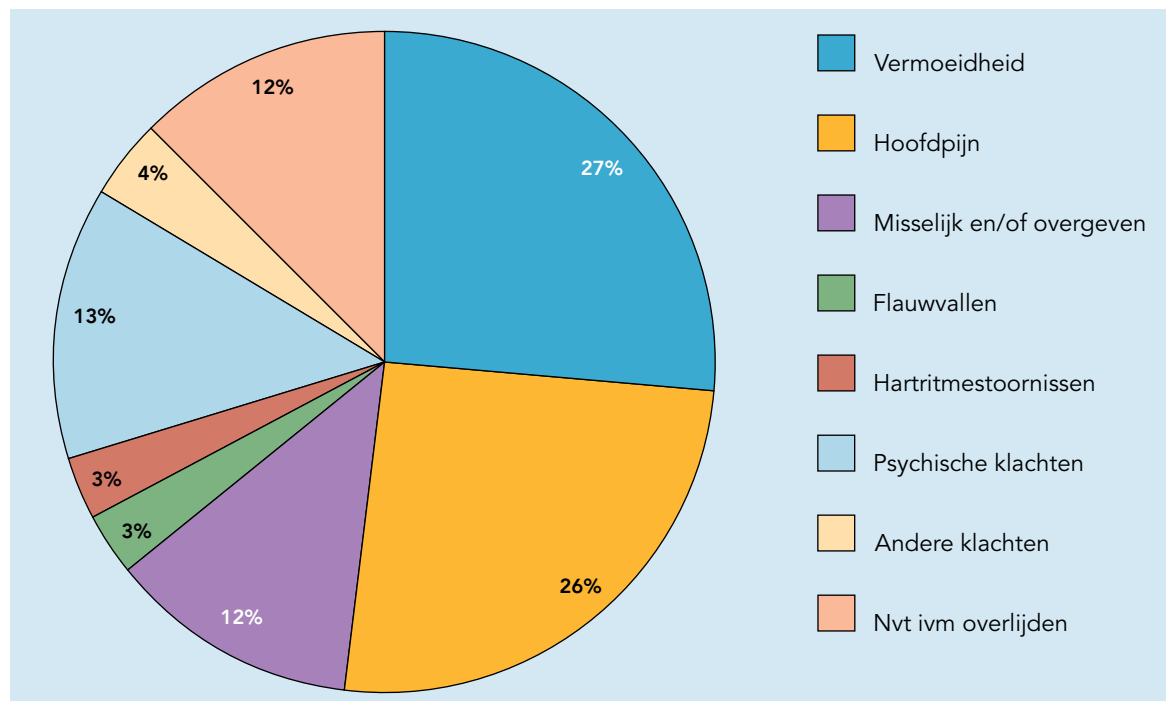
Soort klachten na het ongeval²³⁰

Vraag enquête: Had u of uw medebewoner(s) een maand na het incident een of meerdere van onderstaande klachten?

(Deel)verzameling:		Klachten na ²³¹ , n = 51	
Categorie onbekend:		11 van de 51 (21%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
Vermoeidheid	26	27	
Hoofdpijn	25	26	
Misselijk en overgeven	12	12	
Flauwvallen	3	3	
Hartritmestoornis	3	3	
Psychische klachten	13	13	
Anders	4	4	
N.v.t. i.v.m. overlijden	12	12	
Totaal	98	100	

Psychisch en anders: angstig, onveilig gevoel, uitgeput, benauwd, paniekaanvallen, bijna-doodervaring zorgde voor psychische klachten, spierklachten, gejaagd gevoel, trillende handen, verminderd concentratievermogen, harder moeten nadenken, dingen sneller vergeten, hyperventilatie, niet nader gespecificeerde andere klachten

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête. Het gaat hier om klachten per ongeval (en niet per persoon). Het percentage geeft de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende soorten klachten weer.



Figuur 85: Soort klachten na het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

²³⁰ Opgemerkt wordt dat niet vastgesteld kan worden welke van de opgegeven klachten het gevolg zijn van koolmonoxidevergiftiging en aan welke een andere oorzaak ten grondslag ligt.

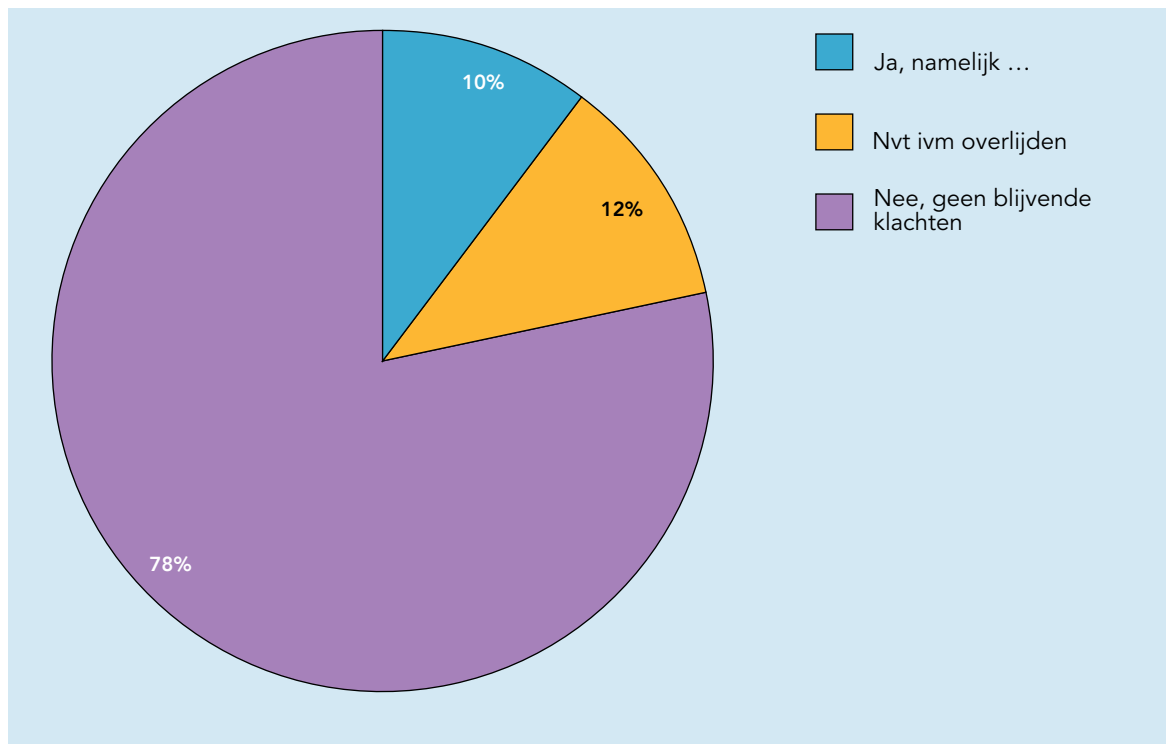
²³¹ Ongevallen waarbij bewoners aangaven na het ongeval klachten te hebben, plus de ongevallen met dodelijke slachtoffers.

Blijvende klachten na het ongeval

Vraag enquête: Heeft u blijvende lichamelijke/psychische klachten overgehouden aan het incident?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114	
Categorie onbekend:	8 van de 114 (7%)	
	Aantal	Percentage [%]
Ja, namelijk	11	10
N.v.t. i.v.m. overlijden	12	12
Nee	83	78
Totaal	106	100

Ja, namelijk: angst, paniekaanvallen, nachtmerries, vermoeidheid, hoofdpijn, benauwdheid, gejaagd gevoel, concentratieproblemen, hyperventilatie.



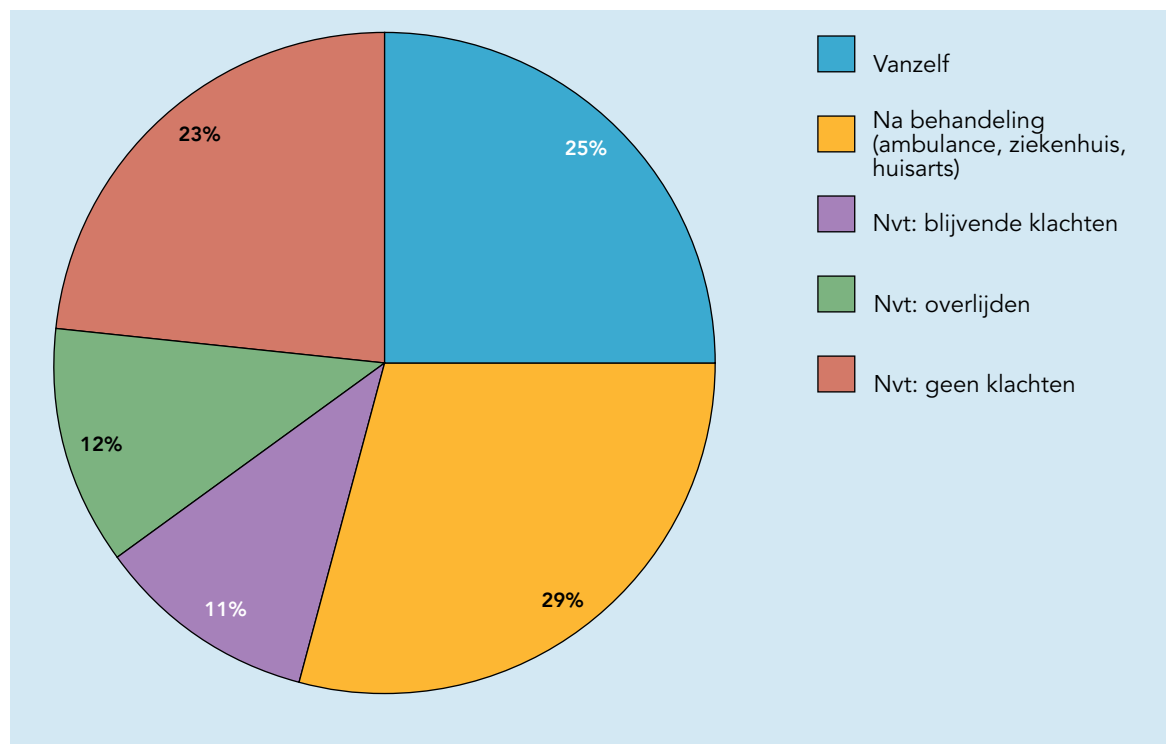
Figuur 86: Blijvende klachten vanwege het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Wijze van verdwijnen klachten na ongeval

Vraag enquête: Op welke wijze zijn de klachten weer verdwenen?

(Deel)verzameling:		totaal, n = 114	
Categorie onbekend:		11 van de 114 (10%)	
	Aantal*	Percentage [%]	
Vanzelf	26	25	
Na behandeling	30	29	
N.v.t. i.v.m. blijvende klachten	11	11	
N.v.t. i.v.m. overlijden	12	12	
N.v.t. i.v.m. geen klachten	24	23	
Totaal	103	100	

* Meerdere antwoorden waren mogelijk in de enquête.

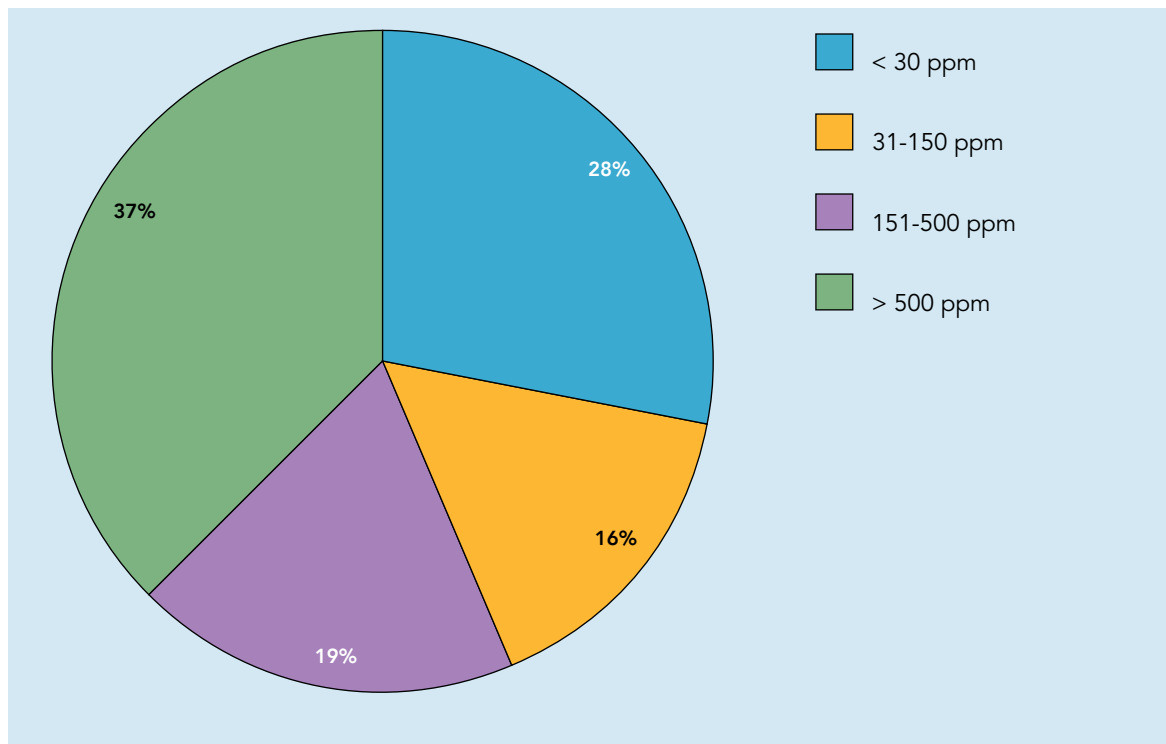


Figuur 87: Wijze van verdwijnen klachten na het ongeval. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Hoeveelheid gemeten koolmonoxide

Vraag enquête: Is er een CO-meting verricht? Zo ja, hoeveel koolmonoxide werd er gemeten, door welke dienst en op welke plek in huis?

(Deel)verzameling:		Totaal, n = 114
Categorie onbekend:		82 van de 114 (79%)
	Aantal	Percentage [%]
< 30 ppm	9	28
31 - 150 ppm	5	16
151 - 500 ppm	6	19
> 500 ppm	12	37
Totaal	32	100



Figuur 88: Gemeten concentratie koolmonoxide in woning. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

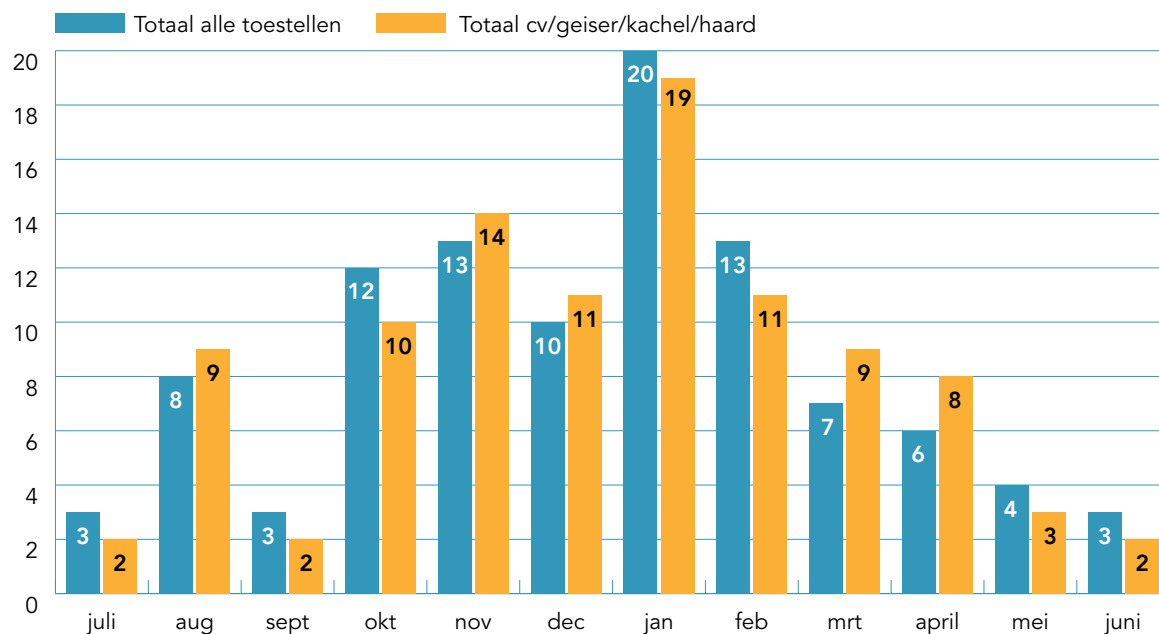
De categorie 'onbekend' is relatief hoog, namelijk 79 procent. De reden hiervoor is dat er niet altijd gemeten wordt en dat de resultaten van de metingen door de brandweer of de installateur niet altijd werden meegedeeld aan de bewoner. In sommige gevallen had de Onderzoeksraad via informatie van de brandweer inzicht in de meetresultaten.

In welke maand vond het ongeval plaats

Vraag enquête: Heeft er op de aangegeven datum op dit adres een incident met koolmonoxide plaatsgevonden?

(Deel)verzameling:		totaal, n = 114
Categorie onbekend:		2 van de 114 (1%)
	Aantal	Percentage [%]
Januari	22	20
Februari	14	12
Maart	8	7
April	7	6
Mei	5	4
Juni	3	3
Juli	3	3
Augustus	9	8
September	3	3
Oktober	13	12
November	14	12
December	11	10
Totaal	112	100

(Deel)verzameling:		Cv/geiser/kachel/haard, n = 94
Categorie onbekend:		2 van de 94 (2%)
	Aantal	Percentage [%]
Januari	18	19
Februari	10	11
Maart	8	9
April	7	8
Mei	3	3
Juni	2	2
Juli	2	2
Augustus	8	9
September	2	2
Oktober	9	10
November	13	14
December	10	11
Totaal	92	100



Figuur 89: Verdeling ongevallen over maanden (in procenten). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

H.6 Aantallen slachtoffers (absoluut)

Aantal dodelijke slachtoffers

Deze gegevens komen niet uit de door de Onderzoeksraad uitgevoerde enquête, maar zijn afkomstig uit andere enquêtes en de bronnen die in bijlage A staan.

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114
Categorie onbekend:	N.v.t.
	Aantal overleden personen*
2012	8
2013	3
2014	4
Totaal	15
Gemiddeld per jaar	5

* Er kon een of meer worden ingevuld (in negen ongevallen was er één dodelijk slachtoffer, in drie ongevallen vielen er twee dodelijke slachtoffers).

Aantal personen met klachten

Vraag enquête: Hoeveel personen (inclusief uzelf) hebben er last gehad van bovengenoemde klachten?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114
Categorie onbekend:	5 van de 114 (5%)
	Aantal personen met klachten*
2012	88
2013	64
2014	82
Totaal	234
Gemiddeld per jaar	78

* Er kon een of meer worden ingevuld.

Aantal personen naar ziekenhuis

Vraag enquête: Hoeveel personen moesten in verband daarmee naar het ziekenhuis?

(Deel)verzameling:	Totaal, n = 114
Categorie onbekend:	4 van de 114 (4%)
	Aantal personen naar ziekenhuis*
2012	88
2013	57
2014	53
Totaal	198
Gemiddeld per jaar	66

* Er kon een of meer worden ingevuld.

Ook van de non-respondenten is informatie in de database aanwezig. Voor zover voldoende informatie aanwezig was, is per vermoedelijk voorval geschat of er sprake was van een daadwerkelijk koolmonoxideongeval. Bij twijfel is een gebeurtenis als niet-ongeval aangemerkt. Zo zijn uit de verzameling van non-respondenten 164 gebeurtenissen als koolmonoxideongeval aangemerkt. Van deze voorvallen is het aantal personen opgeteld dat een ziekenhuis bezocht heeft, voor zover benoemd in de beschikbare informatie.²³²

²³² Afkomstig uit onder andere mediaberichten, P2000-meldingen en meldkamergegevens van brandweerregio's.

(Deel)verzameling:	Non-respons, n = 164
Categorie onbekend:	2 van de 164 (1%)
	Aantal personen naar ziekenhuis*
2012	59
2013	92
2014	47
Totaal	198
Gemiddeld per jaar	66

* Er kon een of meer worden ingevuld.

Uit de database volgt dat in 2012-2014 in elk geval 396 personen een ziekenhuis bezocht hebben vanwege een koolmonoxideongeval. Dit komt neer op een gemiddelde van 132 per jaar.²³³

²³³ In werkelijkheid kan het aantal ziekenhuisbezoeken hoger liggen, omdat: a) bij twijfel een vermoedelijk koolmonoxideongeval niet als ongeval is aangemerkt; b) informatie in de database niet volledig is; c) het zeer waarschijnlijk is dat de database niet alle ongevallen uit de periode 2012-2014 bevat.

OMVANG EN ONDERSCHATTING PROBLEMATIEK KOOLMONOXIDE-ONGEVALLLEN

I.1 Omvang van de problematiek

VeiligheidNL²³⁴ heeft het aantal slachtoffers bij ongevallen met koolmonoxide geschat. VeiligheidNL schat dat elk jaar ongeveer tien personen door een koolmonoxidevergiftiging overlijden. Daarnaast leidt koolmonoxidevergiftiging tot bijna tweehonderd ziekenhuisopnamen en tot enkele honderden behandelingen op een spoedeisendehulpafdeling (SEH). De aantallen per jaar variëren echter sterk.²³⁵

VeiligheidNL heeft in opdracht van de Onderzoeksraad een specifieke schatting van de slachtoffers in de periode 2012-2013/2014 gegeven.²³⁶ Deze is weergegeven in de volgende tabel, aangevuld met het aantal dodelijke slachtoffers uit de database van de Onderzoeksraad.

	SEH-behandeling ²³⁷	Ziekenhuisopname ²³⁸	Ziekenhuis ²³⁹	Doden in registratie VeiligheidNL ²⁴⁰	Doden in database Onderzoeksraad ²⁴¹
2012	380-970	240	144	8	7
2013	150-500	180	155	3	4
2014	nb	nb	97	5	5

Tabel 6: Geschatte aantallen slachtoffers van koolmonoxideongevallen

²³⁴ VeiligheidNL is een expertisecentrum. Zij zijn gericht op het voorkómen van letsel door ongevallen, geweld en psychische onbalans door het stimuleren van veilig gedrag in de woon-, werk- en leefomgeving.

²³⁵ Bron: VeiligheidNL, die zich daarbij baseert op Doodsoorzakenstatistiek 2008-2012, Centraal Bureau voor de Statistiek; Landelijke Medische Registratie 2009-2013, Dutch Hospital Data; Letsel Informatie Systeem 2009-2013, VeiligheidNL; Letsellastmodel 2013, VeiligheidNL i.s.m. Erasmus Medisch Centrum; Krantenknipselregistratie 2009-2013, VeiligheidNL.

²³⁶ Bron: VeiligheidNL, *Koolmonoxidevergiftiging*, 2015. De aantallen SEH-behandelingen en ziekenhuisopnamen in 2014 waren op dat moment nog niet bekend.

²³⁷ Bron: Letsel Informatie Systeem 2012-2013 van VeiligheidNL. De SEH-behandelingen (SEH staat voor spoedeisende hulp) die bij VeiligheidNL bekend zijn, blijken niet representatief verdeeld te zijn over de ziekenhuizen die meedoen aan het Letsel Informatie Systeem (LIS). Hierdoor is een landelijke schatting niet voldoende betrouwbaar. Daarom wordt gewerkt met 95%-betrouwbaarheidsintervallen (BI). Met de 95%-BI wordt bedoeld dat als deze meting 100 maal wordt herhaald, de gemeten waarde 95 maal binnen het interval ligt dat wordt aangegeven. Hoe kleiner dit interval, hoe preciezer de schatting van de werkelijke waarde is. Het interval wordt kleiner naarmate het aantal cases toeneemt. Het aantal cases waarop deze BI's gebaseerd zijn, is 72 (2012) respectievelijk 39 (2013).

²³⁸ Bron: schatting op basis van Landelijke Basisregistratie Ziekenhuiszorg 2012-2013, Dutch Hospital Data.

²³⁹ Bron: database van de Onderzoeksraad voor Veiligheid met koolmonoxideongevallen 2012-2014. Het betreft mensen die naar het ziekenhuis zijn vervoerd. Dit hoeven geen opnames te zijn.

²⁴⁰ VeiligheidNL baseert dit aantal op haar registratie van krantenknipsels.

²⁴¹ Bron: database van de Onderzoeksraad voor Veiligheid met koolmonoxideongevallen 2012-2014.

Deze schatting van de omvang van de problematiek kent een beperking. Uit het onderzoek van de Raad naar de illustratieve ongevallen is namelijk gebleken dat het mogelijk is dat een ongeval ten onrechte niet wordt herkend (en dus ook niet wordt geregistreerd) als koolmonoxideongeval. Dit komt dan doordat:

- bewoners en hun eventuele hulpverleners niet opmerken dat ze zijn blootgesteld aan koolmonoxide, bijvoorbeeld omdat zij hun lichamelijke en/of psychische klachten niet aan koolmonoxide relateren;
- bij sterfgevallen koolmonoxide als oorzaak over het hoofd wordt gezien (of niet meer te relateren is aan het overlijden en mogelijk voorafgaande klachten. Zo kunnen slachtoffers dagen na de blootstelling overlijden aan hartfalen ten gevolge van koolmonoxidevergiftiging).

In paragraaf 3.5 over detectie en diagnosticering wordt verder ingegaan op de herkenning van koolmonoxideongevallen. Het lijkt in ieder geval gerechtvaardigd om te concluderen dat in de schatting van VeiligheidNL het daadwerkelijke aantal slachtoffers en gewonden wordt onderschat. Om die reden is de Raad op zoek gegaan naar andere indicatoren die iets zeggen over de totale omvang van de problematiek.

1.2 Indicator: onveilige verbrandingsinstallaties

Kiwa Technology controleert sinds 2004 steekproefsgewijs²⁴² de kwaliteit van het onderhoud aan huishoudelijke gastoestellen, in opdracht van enkele woningcorporaties. Hierbij gaat het om recent onderhouden toestellen (controle binnen drie maanden nadat het onderhoud is verricht). Bij de controle wordt de gehele installatie betrokken, dus inclusief rookgasafvoer (voor zover zichtbaar), gasleiding, ventilatievoorzieningen en de omgeving/ruimte waar het toestel is geplaatst. In opdracht van de Onderzoeksraad heeft Kiwa Technology de gegevens van deze controles geanalyseerd om een schatting te maken van het aantal verbrandingsinstallaties met een hoge uitstoot van koolmonoxide. Uit deze analyse van circa 1.200 recent onderhouden cv's in woningen van negen woningcorporaties blijkt dat circa een op veertig verbrandingsinstallaties een gevaarlijke hoeveelheid koolmonoxide produceert (meer dan 500 ppm). Als deze waarde representatief is voor alle cv's in woningen in Nederland, betekent dat dat 150.000 toestellen²⁴³ een gevaarlijke hoeveelheid koolmonoxide produceren; bij deze toestellen is dus al een van de twee barrières overschreden richting een koolmonoxideongeval.²⁴⁴

Cijfers uit Groot-Brittannië lijken erop te wijzen dat het aandeel onveilige verbrandingsinstallaties nog hoger zou kunnen zijn. Daar vonden Gas Safe Engineers bij inspecties in

²⁴² Bij deze controles werkt Kiwa volgens een protocol dat beschrijft op welke aspecten wordt getoetst en op grond van welke criteria de beoordeling goed/matig/slecht of veilig/onveilig wordt gegeven (VGI-452-Sal: Beoordeling van preventief onderhoud aan gastoestellen- een beoordelingsprotocol, update van maart 2012, openbaar document dat via de website van Kiwa Technology is te downloaden).

²⁴³ In Nederland zijn ongeveer 6.000.000 cv-ketels aanwezig. Bron: *ECN en Rigo, Analyse van de module Energie WoOn 2012*, 2012.

²⁴⁴ De eerste barrière tegen een koolmonoxideongeval is voorkomen dat een toestel koolmonoxide produceert. De tweede barrière is voorkomen dat het koolmonoxide in een ruimte terechtkomt. Zie de toelichting in paragraaf 1.2.

een op de zes huishoudens een onveilig gastoestel.²⁴⁵ Als dit doorberekend wordt naar de Nederlandse situatie, dan zouden ruim 1 miljoen huishoudens (uitgaande van één toestel per huishouden) een onveilig toestel hebben. Het verschil tussen deze schatting en die van Kiwa is dat de schatting uit Groot-Brittannië betrekking heeft op toestellen in alle woningen en alle soorten gastoestellen, terwijl de schatting van Kiwa alleen betrekking heeft op recent onderhouden cv's in woningen van woningcorporaties. Verder is niet bekend in hoeverre de situatie in Groot-Brittannië vergelijkbaar is met de situatie in Nederland.

1.3 Indicator: patiënten met een koolmonoxidevergiftiging

In Groot-Brittannië zijn diverse studies gedaan naar koolmonoxidevergiftiging onder patiënten (in Nederland is voor zover bekend geen vergelijkbaar onderzoek uitgevoerd). Zo is er een studie gedaan onder 1.758 patiënten die een eerstehulp post bezochten met klachten als pijn op de borst, verergering van de chronische longziekte COPD,²⁴⁶ onverklaarde hoofdpijn en griepachtige symptomen. Van deze patiënten had 4,3 procent een verhoogd COHb-gehalte (> 2,5 procent) in zijn bloed. Niet in alle gevallen kon een bron van koolmonoxide worden geïdentificeerd. Als dit wel kon, ging het relatief vaak om 'shisha lounges',²⁴⁷ slecht functionerende cv-ketels en geblokkeerde ventilatie. Bij 20 procent van de vastgestelde gevallen van koolmonoxide had de arts vooraf een vermoeden hiervan.²⁴⁸ In een andere studie onder 140 patiënten die zich met hoofdpijn meldden bij het ziekenhuis, werd bij 14,6 procent een verhoogd COHb-gehalte (> 10 procent in dit geval) vastgesteld.²⁴⁹ In beide studies werd geconcludeerd dat chronische effecten waarschijnlijk veelvuldig 'gemist' worden.

Ook is in Groot-Brittannië op basis van statistieken van een selectie van eerstehulp posten in ziekenhuizen geschat dat jaarlijks (in heel Groot-Brittannië) bij ruwweg 4.000 personen die een eerstehulp post bezoeken, een niet-fatale vergiftiging met koolmonoxide wordt vastgesteld.²⁵⁰ Op basis van de bevolkingsaantallen zou dit voor Nederland neerkomen op ruim 1.000 gevallen per jaar. Dit zijn alleen de vastgestelde niet-fatale vergiftigingen.

²⁴⁵ Bron: http://www.gassaferegister.co.uk/news/gas_safe_register_news/68,000_homes_escape.aspx?year=2014. Geraadpleegd op 15 april 2015.

²⁴⁶ COPD staat voor Chronic Obstructive Pulmonary Disease (Chronische Obstructieve Longziekte).

²⁴⁷ Shisha lounges zijn cafés waarin waterpijpen worden gerookt. Uit de ongevallen in de database van de Onderzoeksraad blijkt dat niet alleen de bezoekers of werknemers van een dergelijk café blootgesteld kunnen worden aan koolmonoxide in de rookgassen uit de waterpijpen, maar ook de omwonenden van het café.

²⁴⁸ Clarke, S. et al., *Screening for carbon monoxide exposure in selected patient groups attending rural and urban emergency departments in England: a prospective observational study*. In: *BMJ Open*, 2012.

²⁴⁹ Wright, J, *Chronic and occult carbon monoxide poisoning: we don't know what we're missing*. In: *Emerg. Med. J.* vol. 19, pp. 386-390, 2002.

²⁵⁰ Cross government Group on gas safety and carbon monoxide (CO) awareness, *Annual report 2012-2013*, 2013.

I.4 Indicator: verhoudingsgewijs hoog aandeel koolmonoxidemelders in database

Van de ongevallen in de database van de Onderzoeksraad werd circa 44 procent gedetecteerd door een koolmonoxidemelder. In 58 procent van de woningen waar koolmonoxideongevallen plaatsvonden, was een koolmonoxidemelder aanwezig. Dat is een relatief hoog percentage. Het percentage woningen dat in Nederland is voorzien van een werkende koolmonoxidemelder, is namelijk veel lager: ongeveer 5 procent voor alle woningen en ongeveer 20 procent voor woningen met een open verbrandingstoestel.²⁵¹ Dit betekent dat gebouwen met koolmonoxidemelders oververtegenwoordigd zijn in de database. Een verklaring hiervoor is dat ongevallen relatief vaker worden opgemerkt, als er in het gebouw een goed functionerende koolmonoxidemelder aanwezig is.

Er is sprake van een overrapportage van ongevallen in gebouwen met koolmonoxidemelders, en daarmee een onderrapportage van de ongevallen in gebouwen zonder koolmonoxidemelders.²⁵² Dat komt doordat de ongevallen die niet door een koolmonoxidemelder worden gedetecteerd, over het hoofd kunnen worden gezien door betrokkenen zelf. De vraag is nu hoeveel ongevallen met koolmonoxide de database zou moeten bevatten, als de verhouding wel/geen koolmonoxidemelder gelijk zou zijn aan de landelijke verhouding. Dat kan een indicatie zijn voor het aantal ongevallen dat niet is opgemerkt. Op basis van de database met koolmonoxideongevallen van de Onderzoeksraad kan hiervan een globale schatting gemaakt worden: 58 procent (55) van de ongevallen in de database vond plaats in gebouwen met een koolmonoxidemelder. Daar staan overeenkomstig de landelijke verhouding (20 procent van de woningen met een geiser of cv heeft een koolmonoxidemelder) naar schatting 220 ($80/20 * 55$) ongevallen tegenover die plaatsvinden in woningen zonder koolmonoxidemelder. Aangezien de database niet 220 maar 39 ongevallen bevat in gebouwen zonder koolmonoxidemelder, betekent dit mogelijk dat naar schatting 181 ongevallen met koolmonoxide in de periode 2012-2014 niet zijn opgemerkt door betrokkenen. Als het gaat om alle koolmonoxideongevallen in zowel gebouwen met als zonder melder, dan wordt naar schatting twee derde ($181/275$) van de ongevallen niet opgemerkt. Dit zijn vergelijkbare ongevallen zoals die in de database voorkomen, waarbij echter noch bewoners noch eventuele hulpverleners hebben opgemerkt dat er sprake is van een koolmonoxideongeval. Mogelijk waren er in deze gevallen geen symptomen van koolmonoxidevergiftiging, of zijn deze symptomen niet opgemerkt. Een andere mogelijkheid is dat symptomen niet in verband zijn gebracht met koolmonoxidevergiftiging.

²⁵¹ Bron: TU Delft, *Cijfers uitfasering open verbrandingstoestellen*, 2013.

²⁵² Uitgangspunt is dat de kans op een ongeval met koolmonoxide gelijk is voor gebouwen met en zonder koolmonoxidemelder.

KOOLMONOXIDEMELDERS

J.1 Koolmonoxidemelders voor consumenten

Een koolmonoxidemelder detecteert koolmonoxide in de lucht en geeft een geluidssignaal en/of een visueel signaal als de concentratie koolmonoxide een bepaalde grenswaarde overschrijdt gedurende een bepaalde tijdsduur. Melders geven dus geen signaal op grond van het actuele gehalte koolmonoxide in de lucht op zich, maar op basis van een combinatie van gehalte en tijdsduur van blootstelling. Hiermee wordt als het ware de dosis nagebootst die zich in de persoon die in de ruimte verblijft opbouwt in de vorm van carboxyhemoglobine (COHb; zie bijlage E). Ook leiden zeer korte pieken in de concentratie koolmonoxide hierbij niet direct tot een alarm. De huidige koolmonoxidemelders hebben meetranges van bijvoorbeeld 0-500 ppm of 0-2000 ppm.²⁵³

Typen sensoren

Er zijn, op basis van het werkingsmechanisme, vier typen koolmonoxidesensoren te onderscheiden: colorimetrische,²⁵⁴ biomimetische,²⁵⁵ halfgeleidergebaseerde²⁵⁶ en elektrochemische.²⁵⁷ Elektrochemische sensoren zijn nu de dominante technologie in de VS en Europa.^{258, 259} Dit is bevestigd in de interviews van de Onderzoeksraad met de drie grootste producenten/leveranciers in Nederland en is ook af te leiden uit de productgegevens van

²⁵³ www.euro-gasman.com; www.citytech.com; www.draeger.com.

²⁵⁴ Colorimetrische detectoren werken met een reagens dat verkleurt bij contact met koolmonoxide. Het reagens kan zijn opgebracht op een soort papier, maar ook in een gel die op een plaat is aangebracht. Door verkleuring wordt een lichtbundel door de plaat heen onderbroken. Deze onderbreking van de lichtbundel triggert het alarm (ATDSR, 2012, *Toxicological profile for carbon monoxide*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, US, June 2012).

²⁵⁵ Ook een biomimetische sensor werkt met verkleuring van een reagens. Het specifieke reagens dat in dit type sensor wordt gebruikt, is een synthetische variant op het menselijke hemoglobine (het eiwit dat in de rode bloedcellen zuurstof en koolmonoxide bindt). Hierdoor reflecteert dit beter de specifieke gevoeligheid van het menselijke hemoglobine voor koolmonoxide. Ook is deze naar verluidt iets gevoeliger dan de colorimetrische sensor (Busch, 2003).

²⁵⁶ Een halfgeleider (semiconductor) gebaseerde melder werkt op basis van een tindioxidesensor. Wanneer CO aan het laagje tindioxide op de sensor adsorbeert, wordt het geoxideerd tot CO₂. Hierdoor wordt de weerstand van het tindioxidelagje vermindert, waardoor een stroom gaat lopen. Halfgeleidersensoren moeten verhit worden tot 400°C om werkzaam te zijn, wat leidt tot een hoog energiegebruik. Dit type wordt daarom weinig gebruikt (ATDSR, 2012).

²⁵⁷ Een elektrochemische sensor werkt op basis van twee platina elektroden en een elektrolyt in een gel (meestal verdund zwavelzuur). In contact met koolmonoxide treedt een reactie op, waarbij aan de ene elektrode koolmonoxide (CO) geoxideerd wordt tot kooldioxide (CO₂), en waarbij aan de andere elektrode zuurstof (O₂) geconsumeerd wordt (ATDRS, 2012). Door deze reacties gaat er een stroom lopen. Dit principe is in feite gelijk aan dat van een normale batterij (Dräger, 2011). Het alarm van de koolmonoxidemelder wordt boven een bepaalde stroomsterkte getriggerd en/of het gehalte koolmonoxide wordt weergegeven.

²⁵⁸ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

²⁵⁹ Clarke, S. et al., *Screening for carbon monoxide exposure in selected patient groups attending rural and urban emergency departments in England: a prospective observational study*, in: *BMJ Open*, 2012; 2: e000877, 2012.

andere producenten en leveranciers. Elektrochemische sensoren maken vrijwel 100 procent van de markt uit. Als voordeel noemen de producenten/leveranciers dat deze sensoren voldoende gevoelig zijn om ook lage gehalten koolmonoxide te detecteren. Ook leiden zij veel minder snel tot vals-negatieve of vals-positieve meldingen.²⁶⁰ Bovendien zijn ze betrouwbaar en goedkoop te produceren, waardoor het eindproduct - de koolmonoxidemelder - een kosteneffectief product is volgens de leveranciers.²⁶¹ Uiteraard hangt de betrouwbaarheid in de praktijk niet alleen van de sensor af, maar ook van de wijze van gebruik. In paragraaf 3.5 in het hoofdstuk Analyse is op het gebruik en de betrouwbaarheid van de melders ingegaan.

Modellen koolmonoxidemelders

Koolmonoxidemelders zijn tegenwoordig in iedere bouwmarkt te koop. De prijs varieert veelal van ruwweg € 25,- tot € 50,-.²⁶² Melders verschillen in algemene productkwaliteit, mogelijkheden, levensduur en voeding. Veel melders gebruiken batterijen als voeding. Enkele leveranciers verkopen ook melders die op het elektriciteitsnet moeten worden aangesloten (230 voltmelders). Deze worden met name door installateurs aangebracht, in nieuwbouwsituaties en/of in opdracht van woningbouwverenigingen. Volgens de geïnterviewde leveranciers worden in Nederland vooral batterijgevoede melders verkocht, met een batterij die niet vervangbaar is. De hele melder wordt dan na afloop van zijn levensduur vervangen.

Het meest eenvoudige model melder geeft een alarmsignaal wanneer de concentratie koolmonoxide gedurende een bepaalde tijdsduur een bepaalde grenswaarde overschrijdt. Melders geven ook een geluidssignaal - en sommigen ook een lichtsignaal - als de batterij bijna leeg is, als de levensduur van de melder verstreken is en als er storingen optreden. Deze signalen verschillen per merk en type melder, en staan in het algemeen beschreven in de gebruiksaanwijzing. De volgende tabel bevat een beschrijving uit de gebruiksaanwijzing van een melder. Hieruit valt af te leiden dat interpretatie van signalen van de melder voor de gemiddelde consument wellicht niet eenvoudig is.

²⁶⁰ Vals-negatief: als een melder ten onrechte *niet* afgaat. Vals-positief: als een melder ten onrechte *wel* afgaat.

²⁶¹ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

²⁶² In Europa zijn melders op de markt in een prijsrange van € 8,- tot € 160,- (Product Safety Forum of Europe, *Final Technical Report, CO and Smoke Detectors*, 2015).

Signalen	Betekenis
Groene LED knippert eens per 30 seconden	Normale werking
Oranje LED knippert eens per seconde Pieptoon eens per 60 seconden	Lage batterijcapaciteit
Oranje LED knippert eens per seconde Twee pieptonen, iedere 30 seconden	Einde levensduur melder
Oranje LED knippert eens per seconde Pieptoon eens per 30 seconden Groene LED geeft eens per 30 seconden foutcode weer	Defect
Constante toon	Storing
Rode LED knippert Luid ononderbroken alarm: vier luide alarmsignalen, herhaald gedurende 4 minuten; gevolgd door twee patronen per minuut	Gevaarlijke concentratie koolmonoxide

Tabel 7: Betekenis van de mogelijke signalen van een melder

Geavanceerde modellen hebben een of meer van de volgende extra's:

- Een display waarop de exacte concentratie koolmonoxide is af te lezen;
- Een geheugenfunctie waarmee de concentraties die gedurende de dag zijn gemeten zijn terug te lezen;
- Mogelijkheden om handmatig de alarmgrens lager in te stellen;
- Mogelijkheden om melders onderling of met rookmelders te koppelen (als een melder in een ruimte afgaat, gaan ook de andere melders af).

Volgens de leveranciers is, naast de extra functies, de levensduur van de sensor²⁶³ en de batterij het grootste verschil tussen de huidige melders. Ze onderscheiden in het algemeen melders met een levensduur van zes à zeven jaar en melders met een levensduur van tien jaar. Het prijsverschil ligt rond de € 5,- tot € 10,-. Wat exact het verschil in gegarandeerde levensduur bepaalt, is niet geheel duidelijk. De geïnterviewde leveranciers gaven aan dat dit met name zit in het langduriger en onder 'zwaardere productiegrenzen' testen van de melders met een levensduur van tien jaar. Goedkope merken (rond de € 15,-) uit Oost-Azië zouden volgens de geïnterviewde leveranciers soms een aanmerkelijk kortere levensduur hebben, van rond de twee jaar.²⁶⁴

²⁶³ Producenten van elektrochemische sensoren geven aan dat de gevoeligheid van de sensor afneemt met maximaal 5 procent per jaar (www.citytech.com). Dit houdt in dat na de levensduur van zeven jaar de gevoeligheid met ongeveer 30 procent is afgenomen.

²⁶⁴ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

J.2 Normering en gevoeligheid

Europese norm EN 50291

De Europese norm EN 50291²⁶⁵ is van toepassing op koolmonoxidemelders, maar niet verplicht.²⁶⁶ Tabel 8 geeft een overzicht van enkele technische eisen uit deze norm. De ondergrens van 30 ppm is ingevoerd om het aantal vals-positieve meldingen te verlagen.

Concentratie CO	Géén alarm binnen een tijd van:	Wél alarm binnen een tijd van:
30 ppm	120 min.	-
50 ppm	60 min.	90 min.
100 ppm	10 min.	40 min.
300 ppm	-	3 min.

Tabel 8: Vereiste reactietijden koolmonoxidemelders volgens EN 50291

De test van de sensor in het kader van EN 50291 wordt in het algemeen uitgevoerd met behulp van standaard testgassen die een vastgestelde concentratie van, in dit geval, koolmonoxide bevatten.²⁶⁷ EN 50291 voorziet zowel in tests bij normale temperatuur en luchtvochtigheid als in tests onder warme en vochtige omstandigheden.

Betrouwbaarheid en gevoeligheid

Volgens de literatuur en de leveranciers zijn de huidige koolmonoxidemelders van de bekende merken die elektrochemische sensoren bevatten, in het algemeen zeer betrouwbaar.²⁶⁸ De grootste kans op het falen van koolmonoxidemelders is een losgeraakte batterij. Alleen in geval van zeer ruw en onzorgvuldig transport, kan de sensor zelf losraken, waardoor de melder niet werkt. In die gevallen wordt echter een storingsmelding gegeven.²⁶⁹ De grootste bedreiging van de betrouwbaarheid, naast de batterij en transportbeschadiging, is vocht. Sommige leveranciers geven aan, dat hun koolmonoxidemelder geschikt is voor plaatsing in een badkamer. Dit lijkt echter alleen te gelden voor de elektrische veiligheid. De sensor zelf kan worden beïnvloed door stoom of een te hoge luchtvochtigheid (volgens de meeste specificaties boven de 90 of 95 procent). Condensatie van stoom zou de sensor namelijk kunnen blokkeren. Daarnaast kan een hoge luchtvochtigheid gedurende langere perioden de sensor gevoeliger maken voor koolmonoxide, waardoor dus eerder een alarm volgt.²⁷⁰

Verder zijn de elektrochemische sensoren, net als de overige typen, in enige mate gevoelig voor andere gassen en dampen dan koolmonoxide, zodat bij hoge concentraties

²⁶⁵ 'Elektrisch materieel voor de detectie van koolstofmonoxide in tot bewoning bestemde gebouwen.'

²⁶⁶ Kerkhoff, R.L.H. et al., *GGD-richtlijn medische milieukunde: koolmonoxide in woon- en verblijfsruimten*, RIVM-rapport 609330006/2008, 2008.

²⁶⁷ Dräger, *Dräger Sensor® & Portable Instruments Handbook*, 2nd edition; Dräger Safety AG & Co. KGaA, Lübeck, Duitsland, 2011.

²⁶⁸ ATDSR, 2012, *Toxicological profile for carbon monoxide*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, US, June 2012.

²⁶⁹ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

²⁷⁰ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

van die stoffen in de lucht een onterechte indicatie van een verhoogde concentratie koolmonoxide of zelfs een alarm kan volgen.

Kwaliteitscontrole door de producent

De melders van de grote leveranciers worden tijdens de productie op basis van steekproeven getest. Uit iedere batch worden enkele meters getest volgens NEN-50291-1. Erkende 'notified bodies' zoals het Britse BSI, het Belgische Anpi en het Franse Afnor voeren de tests uit. Grote klanten, zoals woningbouwverenigingen, vragen om certificaten waaruit blijkt dat de producten daadwerkelijk zijn getest op het voldoen aan de norm EN 50291. Zonder zo'n certificaat zijn de melders niet verkoopbaar, aldus een leverancier van koolmonoxidemelders.²⁷¹

Onderzoeken naar betrouwbaarheid

Koolmonoxidemelders blijken niet altijd aan de criteria uit EN 50291 te voldoen. Dit betekent dat bewoners er niet op kunnen vertrouwen dat een koolmonoxidemelder altijd betrouwbaar is als hulpmiddel om koolmonoxideongevallen te detecteren. Afgelopen jaren zijn diverse onderzoeken uitgevoerd naar koolmonoxidemelders. In paragraaf 3.5.1 zijn enkele bevindingen samengevat uit een Belgisch,²⁷² Brits²⁷³ en Europees onderzoek (Prosafte²⁷⁴). Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat er melders op de markt zijn (of waren: naar aanleiding van deze onderzoeken zijn sommige melders van de markt gehaald) die niet op het juiste moment activeren. In het Belgische onderzoek is naast technische prestaties van de melders ook getoetst aan een aantal administratieve criteria uit EN 50291. Het blijkt dat meerdere melders hier niet aan voldoen. Wat opvalt in het Belgische onderzoek is dat meerdere melders op hun verpakking norm EN 50291 vermelden, terwijl ze niet aan de technische en/of administratieve eisen van de norm voldoen. Dit maakt aanschaf van een betrouwbare melder voor de consument lastig.

J.3 Adviezen over plaatsing en testen van melders

Plaatsing

In Groot-Brittannië zijn eind jaren 90 van de vorige eeuw enkele onderzoeken, metingen en experimenten met koolmonoxidemelders uitgevoerd. Hieruit zijn een aantal adviezen over de plaatsing af te leiden.²⁷⁵ Uit de experimenten en metingen bleek onder meer dat in geval van hete verbrandingsgassen, in een ruimte waarin op relatief korte afstand een verbrandingstoestel aanwezig is, het koolmonoxide kan opstijgen tot vlak bij het plafond. Op iets grotere afstand, wanneer de verbrandingsgassen iets afkoelen, zal onder invloed van luchtstromingen in de ruimte menging optreden met de overige lucht, en verspreiding over diverse hoogten. In die gevallen bleek het lastig te voorspellen waar

²⁷¹ Schriftelijke beantwoording vragen Onderzoeksraad door leveranciers koolmonoxidemelders.

²⁷² FOD Economie, Campagne CO-detectoren, België (tests CO-detectoren), 2009.

²⁷³ Walsh, P., *Domestic carbon monoxide alarms, Long-term reliability and use scoping study*, Health and Safety Laboratory, UK, Research Report 847, 2011.

²⁷⁴ Product Safety Forum of Europe, *Final Technical Report, CO and Smoke Detectors*, 2015.

²⁷⁵ Ross, D., M. Smith, M. Spearpoint, D. Smith, R. Collwell, 1999, *Evaluation of carbon monoxide detectors in domestic premises*; Literature review, Building Research Establishment Ltd., prepared for the Health and Safety Executive; contract research report 246. Ross, D., M. Smith, A. Khan, A. Cripps, 1999a, *Evaluation of carbon monoxide detectors in domestic premises*; Investigation of the movement of carbon monoxide within a home, Building Research Establishment Ltd., prepared for the Health and Safety Executive, contract research report 238.

de hoogste concentraties koolmonoxide optreden. Er zijn vele factoren van invloed zoals windkracht, windrichting, buitentemperatuur en de mate van 'dichtheid' van de woning, mechanische ventilatie, het aantal kamers en verdiepingen en het al dan niet sluiten van deuren. Het algemene advies voor deze minder voorspelbare situaties was daarom, om een koolmonoxidemelder op leefniveau te plaatsen, in ruimten waarin men relatief veel verblijft.²⁷⁶

Uit de gebruiksaanwijzingen van de leveranciers, de informatie die zij gaven tijdens de interviews en de adviezen die worden gegeven in de norm EN 50292,²⁷⁷ is af te leiden dat de Britse adviezen grotendeels zijn overgenomen. Wel zijn tussen de leveranciers enkele variaties te zien. Vanuit het oogpunt van optimale plaatsing bestaat er daarnaast geen consensus over het gebruik van gecombineerde koolmonoxide-rookmelders. In grote lijnen bestaat in de literatuur en onder leveranciers wel consensus over het volgende advies. Het algemene uitgangspunt is dat een koolmonoxidemelder geplaatst wordt in ruimten waarin men het meest verblijft en/of waar men zelf graag gewaarschuwd wil worden. In het ideale geval zit er een koolmonoxidemelder in iedere slaapkamer, iedere ruimte met een verbrandingsapparaat en iedere andere verblijfsruimte waar het alarm anders niet te horen is. Omdat dit voor de consument al snel duur wordt, is een veelgebruikt compromis: in ieder geval in of vlak bij de slaapkamers, om te voorkomen dat men in de slaap 'overvallen' wordt (dus bijvoorbeeld op een overloop plaatsen). Daarnaast wordt vaak aangeraden om op iedere verdieping een melder te plaatsen.

Het testen van koolmonoxidemelders

Leveranciers van koolmonoxidemelders benadrukken dat het cruciaal is om regelmatig te checken of de melder nog functioneert. Hierbij gaat het zowel om het functioneren van de stroomvoorziening (meestal een batterij) als het functioneren van de sensor. Alle koolmonoxidemelders hebben een 'testknop', waarmee de stroomvoorziening kan worden getest. Ook hebben zij in het algemeen een indicator die een hoorbaar signaal afgeeft als de batterij bijna leeg is. Als de batterij geheel leeg is, of als de stroomkring door een andere oorzaak is verbroken, kunnen geen signalen meer worden gegeven. De leveranciers van koolmonoxidemelders adviseren daarom veelal om de melder elke week te testen met behulp van de testknop.^{278, 279} Er is geen snelle, eenvoudige wijze beschikbaar waarmee de consument zelf het functioneren van de sensor kan testen.

²⁷⁶ Ross, D., M. Smith, M. Spearpoint, D. Smith, R. Collwell, 1999, *Evaluation of carbon monoxide detectors in domestic premises*; Literature review, Building Research Establishment Ltd., prepared for the Health and Safety Executive; contract research report 246.

²⁷⁷ 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.

²⁷⁸ Clifford, P.K., *Evaluating the performance of residential CO alarms*, Gas Research Institute, USA, 2002.

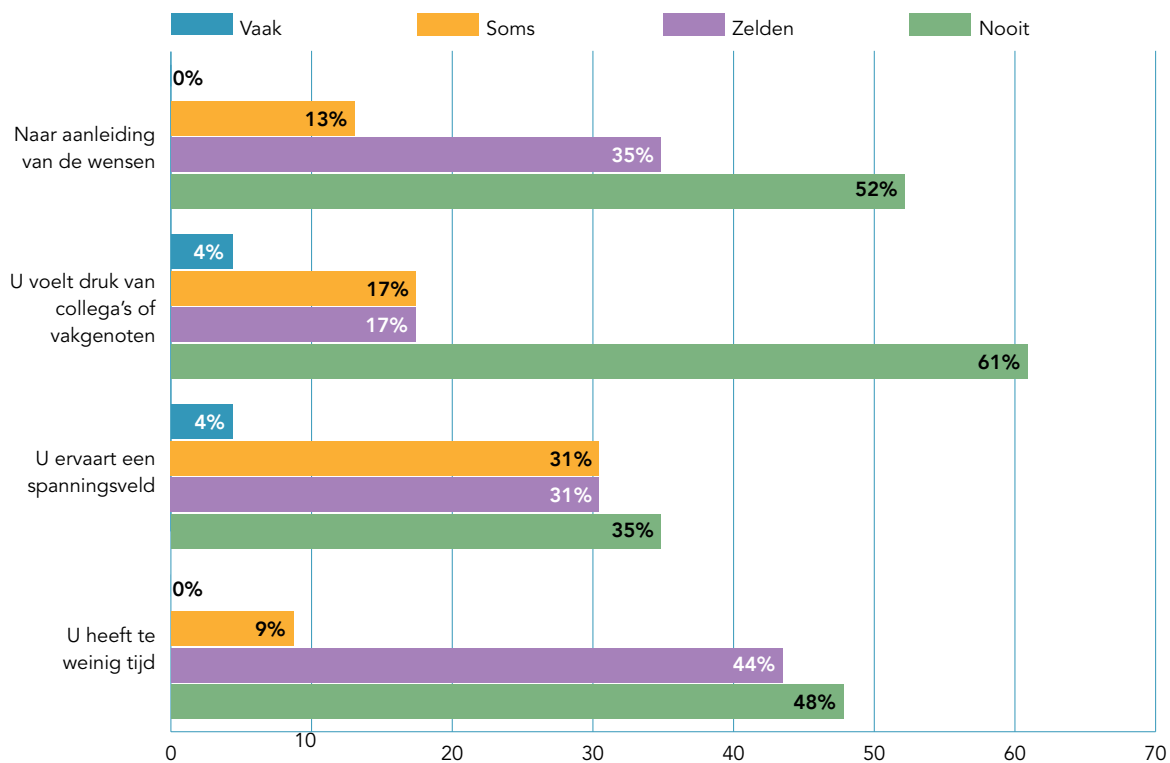
²⁷⁹ Clarke, S. et al., *Screening for carbon monoxide exposure in selected patient groups attending rural and urban emergency departments in England: a prospective observational study*, in: *BMJ Open*, 2012; 2: e000877, 2012.

RESULTATEN ENQUÊTE INSTALLATEURS

Deze bijlage geeft inzicht in resultaten van een enquête onder 168 installateurs. Zie bijlage A.6 voor meer informatie over de gehanteerde onderzoeksaanpak.

Hierna zijn per vraag de antwoorden gepresenteerd van de respondenten. Cijfers zijn gepresenteerd in grafieken en tabellen. Deze worden gevolgd door een analyse en korte reflectie op de resultaten.

Hoe vaak doen zich de volgende situaties voor?



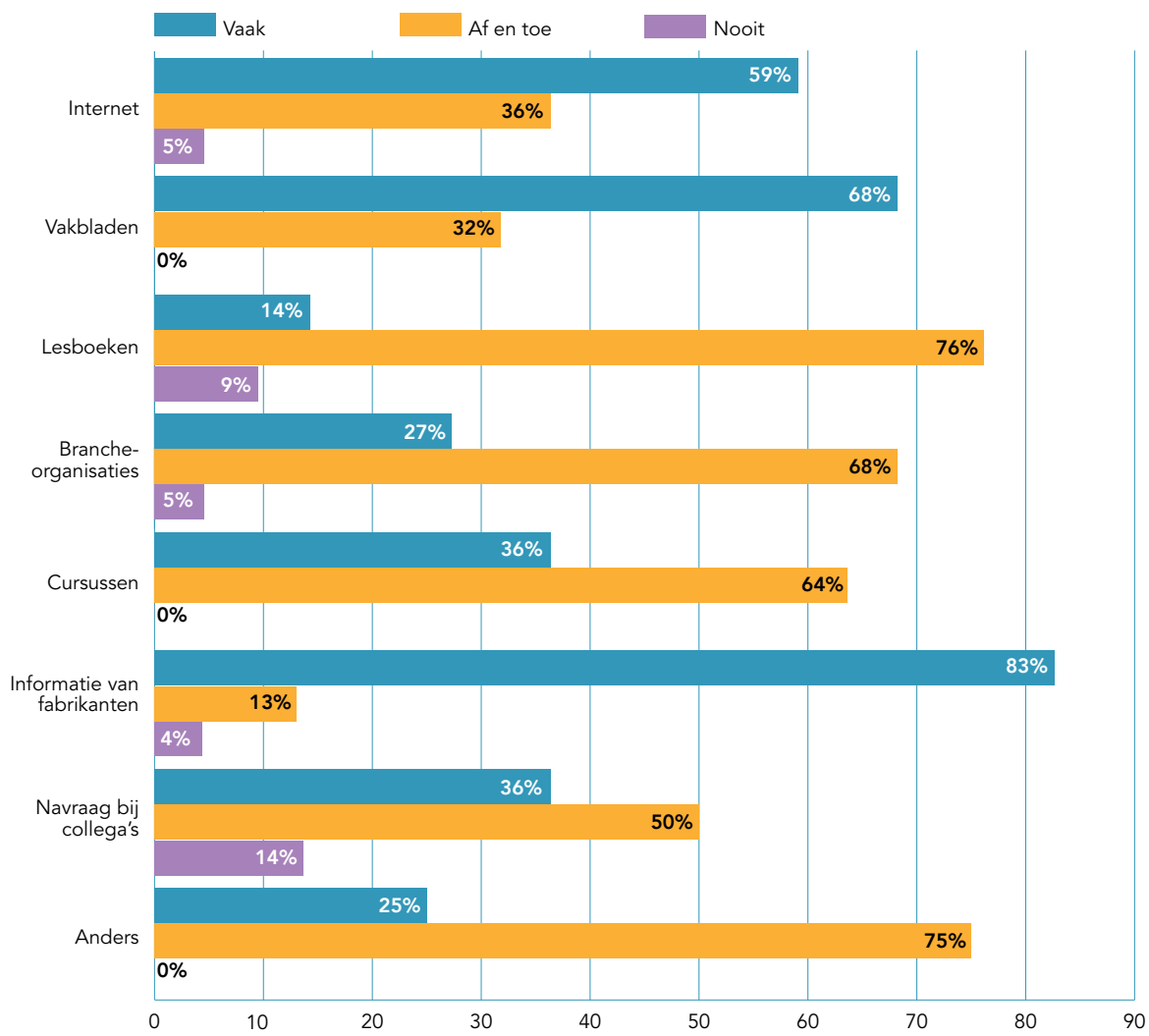
Figuur 90: Situaties die zich voordoen bij installateurs

	Vaak	Soms	Zelden	Nooit	Totaal
Naar aanleiding van de wensen van een klant kiest u voor een suboptimale (lees: minder veilige) oplossing.	0,0% 0	13,04% 3	34,78% 8	52,17% 12	23
U voelt druk van collega's of vakgenoten, die altijd volgens een bepaalde manier te werk gaan of soms voor een suboptimale oplossing kiezen.	4,35% 1	17,39% 4	17,39% 4	60,87% 14	23
U ervaart een spanningsveld tussen uw dienstverlenende rol (storing opheffen, de klant niet in de kou laten zitten) en veiligheid.	4,35% 1	30,43% 7	30,43% 7	34,78% 8	23
U heeft te weinig tijd om uw werkzaamheden goed af te ronden.	0,0% 0	8,70% 2	43,48% 10	47,83% 11	23

De volgende conclusies kunnen uit bovenstaande data worden getrokken, als men onderscheid maakt op basis van de vraag of een installateur een bepaalde situatie wel of niet meemaakt (waarbij de categorieën 'vaak', 'soms' en 'zelden' dus worden samengevoegd in een categorie 'wel eens').

Bijna de helft (47,83 procent) van de monteurs kiest naar aanleiding van de wensen van een klant wel eens voor een minder veilige oplossing. Ruim een derde (39,13 procent) van de installateurs voelt wel eens druk van collega's of vakgenoten om volgens een bepaalde manier te werk te gaan of voor een suboptimale oplossing te kiezen. Bijna twee derde van de installateurs (65,22 procent) ervaart wel eens een spanningsveld tussen zijn/haar dienstverlenende rol en veiligheid. Ruim de helft (52,18 procent) van de installateurs heeft wel eens te weinig tijd om de werkzaamheden goed af te ronden.

Vraag: Raadplegen bronnen



Figuur 91: Bronnen die installateurs raadplegen

	Vaak	Af en toe	Nooit	Totaal
Internet	59,09% 13	36,36% 8	4,55% 1	22
Vakbladen	68,18% 15	31,80% 7	0,00% 0	22
Lesboeken	14,29% 3	76,19% 16	9,52% 2	21
Brancheorganisaties	27,27% 6	68,18% 15	4,55% 1	22
Cursussen	36,36% 8	63,64% 14	0,00% 0	22
Informatie van fabrikanten	82,61% 19	13,04% 3	4,35% 1	23
Navraag bij collega's	36,36% 8	50,00% 11	13,64% 3	22
Anders	25,00% 1	75,00% 3	0,00% 0	4

Om de meest geraadpleegde bronnen te kunnen vaststellen, kan men de drie antwoordmogelijkheden een bepaalde waarde toekennen. In dit geval worden 2 punten toegekend voor het antwoord 'vaak', 1 punt voor 'af en toe' en nul punten voor 'nooit'. Dit geeft het volgende overzicht:

Deze puntentelling leidt tot de volgende rangorde op basis van gebruiksfrequentie:

1: Informatie van fabrikanten	178,26
2: Vakbladen	168,18
3: Internet	154,54
4: Cursussen	136,36
5: Navraag bij collega's	125,00
6: Brancheorganisaties	122,72
7: Lesboeken	104,77

Vraag: Welke onderhoudswerkzaamheden zijn in uw ogen belangrijk om de productie en het vrijkomen van koolmonoxide te voorkomen of evt. te signaleren?

Op de open vraag 'Welke onderhoudswerkzaamheden zijn in uw ogen belangrijk om de productie en het vrijkomen van koolmonoxide te voorkomen of evt. te signaleren?' werden de volgende antwoorden gegeven:

- 1 Schone brander, inspuitsers, verbrandingsruimte, goede oordeelkundige schoorsteen, voldoende ventilatielucht toevoer.
- 2 Gasvoorschriften m.b.t. ventilatie Rookgasanalyse
- 3 Kwalitatief goed onderhoud, metingen van oa rookgassen en drukken, vervolgens bijstellen van de installatie indien afwijkingen t.o.v. de voorschriften fabrikant.
- 4 Controleren, testen op werking en dichtheid
- 5 Reinigen van de brander en wisselaar, vervangen van pakkingen (branderpakking). visuele controle, nakijken van de rookgasafvoer. vaak zijn rookgasafvoeren weggewerkt in schachten zodat je ze niet meer na kunt kijken, de pakkingen rotten weg in de rookgasafvoer en je hebt een lekkage, ze zouden eigenlijk moeten verplichten dat die schachten altijd toegankelijk zijn
- 6 Volledig onderhoud, niet alleen visueel. Openen installatie, nameten (rookgasanalyse, drukken e.d.) en erg belangrijk bijstellen (indien nodig) conform de voorschriften van de fabrikant!
- 7 Hierin zijn eigenlijk maar 2 dingen belangrijk. De gas/lucht verhouding bij verbranding moet ten allen tijden optimaal zijn. Een schone brander, vrij van stof en vuil is dan essentieel. Bij een goede mengverhouding van gas/lucht kan nooit een koolmonoxide probleem ontstaan. Ten tweede moet de rookgasafvoer constructief goed zijn aangebracht zodat een goede werking kan worden gegarandeerd. Controle hierop tijdens onderhoud is belangrijk.
- 8 Vervangen van pakkingen. controle rookgasdoorvoeren co metingen
- 9 Goed onderhoud, vervangen van de benodigde onderdelen zoals opgegeven door fabrikant, Inregelen gas-lucht verhouding
- 10 einigen warmtewisselaar Controle verbranding Controle
- 11 Schoonmaken van het toestel, vervangen van de nodige pakkingen volgens opgave fabrikant en het inregelen van O₂/CO₂
- 12 Vervuiling in toestel, afstelling CO₂, ventilatie toevoer en afvoeropeningen, gasvoordruk, belast en onbelast
- 13 Kijken of de rookgas goed volgens de RoGaFa norm is aangelegd. Kijken of het toestel geen CO lekt met een CO meter en leksporen heeft, en meten als er een goede verbranding is.
- 14 Jaarlijks reinigen van brander en verbrandingskamer, inspecteren en juist monteren van de rookgasafvoer en luchttoevoer. Bij open toestellen kijk ik of de ventilatie in de opstellingsruimte juist is.
- 15 Meten is weten
- 16 * Onderhoud gastoestel door de juiste meting uitvoeren met geijkte meettoestellen. * Controle op beloop rookgasafvoer en luchttoevoersysteem * Controle op juiste beugeling rookgasafvoer -luchttoevoersysteem * Werking toestel in zijn toepasbaarheid
- 17 Visuele inspectie en ketel goed afstellen dmv metingen

- 18 Het aller belangrijkste is het afstellen van de cv-ketel en een CO-meting te doen. Zowel in het toestel als buiten het toestel. De meter buiten aanzetten!!
- 19 Visueel controleren, metingen uitvoeren, rookgasafvoer controleren. (in geval van een gesloten toestel)
- 20 Pakkingen van toestel en rookgasafvoer controleren op lekkage; rookgasmeting uitvoeren; toestel goed reinigen
- 21 Controle en reinigen brander, ventilator, condensbak, rookgasafvoer, verbranding, voordruk, gas/lucht verhouding en ionisatie
- 22 Schoon maken van wisselaar, brander, ventilator, sifon en een juiste afstelling, controle rookgas kanaal/aansluiting, lucht toevoer en rookgas analyse uitvoeren.
- 23 Rookgas analyse meten en met een koolmonoxidemeter
- 24 Tijdens het onderhoud dienen de brander, de wisselaar en het rookgasafvoersysteem te worden gecontroleerd. Tevens moet na het uitvoeren van het onderhoud een stookproef worden uitgevoerd.
- 25 Brander en warmtewisselaar altijd controleren, pakkingen van losgenomen onderdelen altijd vervangen en rookgas analyse uitvoeren
- 26 Juist afstellen en meten, ook meten waar geen rookgas hoort te komen als het toestel goed is. Meten is weten.
- 27 Controle op een goede verbranding en de waardes meten/controleren.
- 28 Bij normaal onderhoud, en goede controle van de rookgasafvoer, is koolmonoxide vrijwel uitgesloten. Maar als er 5 jaar niets aan gebeurd is, en hij is door een beunhaas met dunwandig rookgasafvoermateriaal aangesloten. Dan ruik je hem al als je bijkeuken binnenkomt. Je kon de krant lezen door de rookgasafvoerbuus.
- 29 Open toestellen gegarandeerde luchttoevoer, geen onderdruk in woning brander onderhoud warmtewisselaar onderhoud gasdruk instellingen ouderdom van onderdelen, inspuiters, branderbanen juist gebruik van toestel rookgasafvoeren gasdicht
- 30 Onderhoud uitvoeren conform voorschrift fabrikant
- 31 Toestellen onderhouden conform richtlijnen fabrikant

Vertaald naar de volgende handelingen waaruit een onderhoudsbeurt minimaal zou moeten bestaan, geven deze antwoorden het volgende beeld:

Respondent	Rookgasafvoer controleren	Reiniging toestel	Afstelling brander	Rookgasmeting uitvoeren	Ventilatiecontrole
1	? (schoorsteen)	x			x
2				x	x
3				x	
4					
5	x	x			

Respondent	Rookgasafvoer controleren	Reiniging toestel	Afstelling brander	Rookgasmeting uitvoeren	Ventilatiecontrole
6			x	x	
7	x	x	x		
8				x	
9			x		
10	x	x	x		
11		x	x		
12	x	x	x		x
13	x		x	x	
14	x	x			x
15				x	
16	x			x	x
17			x	x	
18			x	x	
19	x			x	
20	x	x		x	
21	x	x	x	x	x
22	x	x	x	x	x
23				x	
24	x			x	
25			x	x	
26			x	x	
27				x	
28	x				
29	x		x		
30					
31					

Van de respondenten noemt 45 procent controle van het rookgasafvoersysteem essentieel. Van de respondenten benadrukt 32 procent de reiniging van het toestel en 45 procent noemt het checken van de afstelling van de brander. Van de installateurs merkt 58 procent het uitvoeren van een rookgasmeting aan als belangrijk. De controle van de ventilatie noemt 22 procent belangrijk.

Vraag: Welke van de volgende werkzaamheden voert u standaard uit tijdens een onderhoudsbeurt?

Antwoord	Aandeel	Aantal
Controle rookgasafvoer	96%	23
Rookgasmeting	88%	21
Afstelling brander	92%	22
Toestel reinigen	100%	24
Ventilatiecontrole	92%	22
Overig	38%	9
Respondenten		24

De respondenten mochten meerdere antwoorden geven. Op basis van de respons kan men concluderen dat 100 procent van de installateurs het toestel reinigt volgens de voorschriften en dat 96 procent de rookgasafvoer controleert op aantasting, aanleg en beugeling. Van de installateurs stelt 92 procent de brander af volgens het toestelvoorschrift en controleert de ventilatievoorzieningen bij open toestellen en 87,5 procent voert een rookgasmeting uit.

De antwoorden op de vraag 'welke handelingen zijn in uw ogen belangrijk om koolmonoxidevorming tegen te gaan?' zijn vergeleken met de antwoorden op de vraag 'welke handelingen voert u standaard uit?'. Uit deze vergelijking blijkt dat handelingen die niet als belangrijk werden genoemd, kennelijk wel standaard worden uitgevoerd. Ook valt op dat de rookgasmeting, die de installateurs het vaakst noemen als belangrijk onderdeel van een onderhoudsbeurt, relatief het minst vaak wordt uitgevoerd tijdens een onderhoudsbeurt. Controle van de ventilatie bijvoorbeeld, wat veruit het minst genoemd werd bij de andere vraag over onderhoudsbeurten, wordt vaker standaard uitgevoerd dan een rookgasmeting. De uitmonding van de afvoer werd geen enkele keer genoemd.

Vraag: Hoe vaak past u de gas-luchtverhouding van een ketel aan?

Er kwamen zeer uiteenlopende antwoorden op de vraag hoe vaak de installateur de gas-luchtverhouding van een ketel aanpast. Er zijn installateurs die aangeven dat zij dit 'bijna altijd' doen (4/30), er zijn installateurs die aangeven dat zij dit 'regelmatig' doen (1/30) en installateurs die aangeven dat zij dit 'zelden' doen (1/30). De overige respondenten doen het nooit of hebben geen antwoord gegeven. Uit de reacties van de respondenten die een (geschat) percentage noemden, bleek dat de gas-luchtverhouding gemiddeld tijdens ruim een op de vijf (21 procent) onderhoudsbeurten door de installateur wordt aanpast.

Vraag: Bij welke verbrandingstoestellen kan koolmonoxide vrijkomen?

Op de vraag bij welke verbrandingstoestellen koolmonoxide kan vrijkomen, gaf ongeveer een op de vijf installateurs (18,5 procent) 'open toestellen' als antwoord. De overige installateurs gaven aan dat koolmonoxide bij alle verbrandingstoestellen kan vrijkomen.

Vraag: Waaraan kan men zien dat u een vakman bent?

Op deze vraag konden meerdere antwoorden gegeven worden. In totaal hebben 33 respondenten deze vraag beantwoord.

Antwoord	Aantal	Aandeel
Erkenningen/certificering	30	90%
Resultaten	6	18%
Inzet/normen	2	6%
Opleiding	8	24%
Uitstraling	6	18%
Respondenten	33	

Bijna alle installateurs (90 procent) geven aan dat hun vakmanschap is af te leiden uit hun erkenningen/certificeringen. Ongeveer een op de vijf (18 procent) installateurs geeft aan dat men zijn vakmanschap kan zien aan de hand van de geboekte resultaten. Hetzelfde percentage zegt dat men op basis van uitstraling kan zien dat hij een vakman is. Slechts 6 procent van de monteurs noemt inzet/werkwijze (zoals opleverprotocollen) als kenmerk van zijn vakmanschap. Ongeveer een op de vier (24 procent) installateurs zegt dat men aan de hand van zijn opleidingen kan zien dat hij een vakman is.

Handelwijze bij gevaarlijke situaties

Op alle subvragen (situaties) over handelwijze bij gevaarlijke situaties konden meerdere antwoorden gegeven worden.

Situatie 1: U wordt opgeroepen in verband met een storing aan een verbrandingstoestel. U kunt de oorzaak niet vinden. Wel merkt u dat de storing verdwijnt als u de verhouding gas-lucht verandert.

	Aantal	Aandeel
Afkeuren/afsluiten	2	7%
Gas afsluiten	0	0%
Oorzaak zoeken/onderhoud uitvoeren	22	79%
Bewoner inlichten	0	0%
Bevoegd gezag inschakelen	0	0%
Fabrikant raadplegen	4	14%
Respondenten	28	

De meeste installateurs geven als antwoord op deze vraag een bepaalde onderhoudshandeling aan die zij zouden uitvoeren, wat geïnterpreteerd kan worden als de oorzaak zoeken. Vier van de 28 installateurs zouden de fabrikant raadplegen. De gaskraan wordt

niet dichtgedraaid en bewoners en bevoegd gezag worden niet op de hoogte gesteld. Twee installateurs geven aan dat zij het toestel zouden afkeuren/afsluiten.

Situatie 2: Tijdens een onderhoudsbeurt voert u een rookgasmeting uit in het rookgasafvoerkanaal van een verbrandingstoestel. U meet 500 ppm CO. U ziet niets bijzonders aan de afvoer.

	Aantal	Aandeel
Afkeuren/afsluiten	6	21%
Gas afsluiten	1	4%
Oorzaak zoeken/onderhoud uitvoeren	23	82%
Bewoner inlichten	0	0%
Bevoegd gezag inschakelen	0	0%
Fabrikant raadplegen	2	7%
Respondenten	28	

Ook in dit geval zou het overgrote deel van de installateurs de oorzaak zoeken en proberen het probleem met onderhoudswerkzaamheden op te lossen. Twee van de 28 installateurs geeft aan de fabrikant te raadplegen. Zes van de 28 installateurs zouden de cv-ketel afkeuren en een van hen zegt ook de gaskraan dicht te draaien in een dergelijke situatie.

Situatie 3: Tijdens een onderhoudsbeurt meet u de rookgassen boven een geiser. Daarin meet u 200 ppm CO.

	Aantal	Aandeel
Afkeuren/afsluiten	7	28%
Gas afsluiten	2	8%
Oorzaak zoeken/onderhoud uitvoeren	19	76%
Bewoner inlichten	1	4%
Bevoegd gezag inschakelen	0	0%
Fabrikant raadplegen	0	0%
Respondenten	25	

De meeste installateurs zouden in dit geval proberen het probleem op te lossen door onderhoudswerkzaamheden uit te voeren. Zeven van de 25 installateurs zegt het toestel te zullen afkeuren. Twee installateurs zouden de gaskraan dichtdraaien en één installateur zegt in een dergelijke situatie de bewoner/eigenaar te zullen waarschuwen.

Conclusie

In alle drie de situaties is controleren/zelf proberen het probleem op te lossen met onderhoud de meest genoemde reactie. Afkeuren wordt niet vaak genoemd: in vijftien van de 81 gevallen. De gaskraan dichtdraaien komt nog minder vaak voor: in drie van de 81 gevallen. Bij problemen met cv-ketels wordt af en toe (in zes van de 56 gevallen) de fabrikant geraadpleegd; bij problemen met geisers wordt dit niet genoemd. De bewoner waarschuwen wordt één keer als reactie genoemd en het op de hoogte stellen van bevoegd gezag geeft geen enkele monteur aan als te nemen maatregel. Verder lijkt het erop dat de bereidheid om de cv-ketel af te keuren en de gaskraan dicht te draaien, toeneemt als de situatie acuut is.

Stellingen

Installateurs lijken zich goed bewust van de risico's: geen enkele installateur is het eens met de stelling 'een cv is een gesloten toestel dus kan er geen CO vrijkomen in de ruimte'. Dat er geen installateurs zijn die het eens zijn met deze stelling is opmerkelijk, aangezien op de eerder gestelde vraag 'Bij welke toestellen kan voor zover u weet koolmonoxide vrijkomen?' bijna een op de vijf installateurs alleen open toestellen antwoordde. Er is ook geen enkele installateur die het eens is met de stelling 'een cv is een onschuldig apparaat'. Met de stelling 'een cv kan een levensgevaarlijk apparaat zijn' is de overgrote meerderheid (93 procent) het eens. Bijna 8 procent van de installateurs denkt dat de beveiliging van een cv-ketel voorkomt dat deze meer dan 1000 ppm CO uitstoot.

Wat betreft de verantwoordelijkheid van de installateur zijn de meeste installateurs het eens met de stelling 'de handelingen van een installateur maken het verschil tussen een veilige of een gevaarlijk cv' (92 procent). Wat betreft hun taken is 85 procent het eens met de stelling 'als installateur moet ik bij elke onderhoudsbeurt niet alleen het toestel maar ook de ventilatie controleren'. Dit laatste is opmerkelijk aangezien slechts 22 procent van de installateurs ventilatie opnam in zijn antwoord op de vraag 'Welke onderhoudswerkzaamheden zijn in uw ogen belangrijk om de productie en het vrijkomen van koolmonoxide te voorkomen of evt. te signaleren?'. De installateurs geven dus bij deze vraag aan dat ze ventilatie erg belangrijk vinden, terwijl ze deze werkzaamheden eerder, tijdens de open vraag naar belangrijke onderhoudswerkzaamheden, niet noemden. Dit duidt er wellicht op dat installateurs sociaal wenselijke antwoorden geven, als zij vragen op deze manier gepresenteerd krijgen, of dat zij niet uit zichzelf de urgentie op het netvlies hebben. Hetzelfde kan gezegd worden over de eerder opgemerkte discrepantie tussen open en gesloten vragen over open en gesloten toestellen en de CO-risico's die daaraan verbonden zijn.

HISTORIE EN TOEKOMST

Deze bijlage beschrijft hoe de veiligheid van installaties in het verleden werd geborgd. Daarnaast wordt geschetst welke toekomstige ontwikkelingen relevant zijn als het gaat om koolmonoxideongevallen.

L.1 Historie

Vanaf 1950 is in Nederland de gasregelgeving opgebouwd door de gasector (circa 170 gasproducenten). Het gezamenlijk onderzoek hiervoor is uitgevoerd door het destijds opgerichte VEG²⁸⁰ Gasinstituut. De financiën voor het onderzoek en de regelgeving werden verkregen uit de zogenoemde 'opcenten'²⁸¹ per kubieke meter verkocht (stads) gas (gewonnen uit steenkool). Veiligheidsinspecties van installaties (in woningen en bedrijven) werden uitgevoerd door zelf opgeleide medewerkers van de gasbedrijven. Deze inspecteurs controleerden zowel de distributiekant (voor de gasmeter) als de installatiekant (na de gasmeter, dus in de woning, oftewel 'achter de voordeur'). Inspecties werden 'kosteloos' uitgevoerd, doordat de kosten hiervan waren inbegrepen in de gas- en elektraprijs. Binnen Nederland werden opleidingen gestart (Middelbare en Hogere Gas Techniek) en er werd een Nationaal Keurmerk (het GIVEG-keurmerk) opgericht voor installateurs. Nederland liep toentertijd voorop ten opzichte van andere Europese landen. In 1959 werd de (aard)gasvoorraad in Slochteren ontdekt, waardoor het belang van houtskool en olie daalde. Mede dankzij het reeds bestaande gasdistributienet waarop al drie kwart van de huishoudens was aangesloten waren eind 1965 al één miljoen woningen op het Groningse aardgas aangesloten. Ongeveer tien jaar na de ontdekking van het gasveld in Slochteren was ruim driekwart van Nederland aangesloten op aardgas. Het distributienetwerk werd in de jaren daarna verder uitgebreid en in 1980 was 97 procent van de Nederlandse woningen hierop aangesloten. Omdat het gas anders was qua samenstelling en onder een hogere druk werd geleverd dan stadsgas, moesten verbrandingstoestellen en gasmeters worden aangepast voor een veilig gebruik. Daartoe werden ze in sommige gemeenten geïnspecteerd en, als nodig, aangepast. In andere gemeenten werd de samenstelling van het gas aangepast.²⁸²

²⁸⁰ De Vereniging van Exploitanten van Gasbedrijven (1953) moest de belangen van de openbare gasvoorziening in Nederland in de ruimste zin bevorderen. In 1967 werd dit lidmaatschap door een statutenwijziging beperkt tot de gasbedrijven. VEG zette het werk van de vakgroep voort en was aanvankelijk geheel gericht op de economische opbouw van de Nederlandse gasindustrie. Via circulaire en het een blad hield zij haar leden op de hoogte van sociale, economische en financiële ontwikkelingen in binnen- en buitenland.

²⁸¹ Opcenten zijn een procentgewijze verhoging van een oorspronkelijk bedrag.

²⁸² CBS, *De Nederlandse aardgaswinning*

De overheid heeft in 1996 besloten om de verkoop van gas en de distributie hiervan te splitsen in energieleverancier en netbeheerder. Hiervoor werd de Gaswet aangepast. Door deze scheiding ontstonden een vrije markt en concurrentie tussen bedrijven, zodat de consument meer keuzevrijheid kreeg. Vanaf die tijd hebben de netbeheerders geen actieve bemoeienis meer 'achter' de gasmeter; de aansluitvoorwaarden zijn aangepast. Volgens de Gaswet hebben netbeheerders nog wel een verplichting om veilige toestellen en gasinstallaties te bevorderen.²⁸³

Installateurs werden vroeger verplicht om hun vakbekwaamheid aan te tonen. Gasbedrijven hadden in de aansluitvoorwaarden (Gavo²⁸⁴ 1955-1992) gesteld dat slechts erkende installateurs aan gasinstallaties mochten werken. Zo werd de vakbekwaamheid bij installateurs geborgd. Daarnaast verplichtte de Vestigingswet (afgeschaft in 2007) dat een installatiebedrijf zich pas wettelijk mocht vestigen, als deze aan de eisen voldeed van de erkenningsregeling (waaronder een vakbekwaamheidsdiploma) van de gas- en energiebedrijven. De kwaliteit van het installatiebedrijf en zijn medewerkers werd, naast het volgen van reguliere cursussen, op peil gehouden door een inspecteur van het gas- en energiebedrijf. Deze inspecteur fungeerde niet alleen als handhaver, maar ook als vraagbaak, docent en mentor. Als basis gold toen de Gavo.

Vanuit Europa (1992) ontstonden nieuwe visies op het gebied van voorschriften, waarbij ruimte kwam voor ontwerpvrijheid en innovatieve ontwikkeling binnen de verschillende branches. Met de verdwijning van de Gavo werden (algemenere) prestatie-eisen in het Bouwbesluit (1992) ondergebracht. Een exacte technische uitvoering is in het Bouwbesluit niet gegeven. Ook de verplicht te gebruiken materialen volgens de Gavo en het toezicht op het uitgevoerde werk zijn met deze ontwikkelingen overgelaten aan de invulling door betrokken marktpartijen. Nederland heeft sterk ingezet op het vrijwillige karakter en de eigen verantwoordelijkheid van de betrokken partijen (zie overzicht paragraaf 3.3).

De installatie valt tegenwoordig onder het Bouwbesluit. De dienst Bouw- en Woningtoezicht van een gemeente draagt zorg voor toezicht op en naleving van het uitgevoerde werk, zoals is vastgelegd in de Woningwet. Diepgaande kennis van gasinstallaties en de bijbehorende regelgeving ontbreken echter bij deze dienst volgens hun eigen brancheorganisatie. De verantwoordelijkheid van uitgevoerd werk ligt vrijwel volledig bij de installatiebedrijven zelf.

De erkenningsregeling van de gas- en energiebedrijven is omgezet naar vrijwillige kwaliteitslabels (zie paragraaf 3.3).

L.2 Toekomst

In deze paragraaf worden enkele toekomstige ontwikkelingen geschetst, die van invloed kunnen zijn op het ontstaan en/of het voorkomen van koolmonoxideongevallen.

²⁸³ Artikel 42 van de Gaswet.

²⁸⁴ De Gasinstallatie Voorschriften (Gavo) zijn de grondbeginselen, regels of wetten bedoeld voor het installeren van een (veilige) gasinstallatie.

Samenstelling gas

Sinds 1959 wordt in Nederland hoofdzakelijk gebruikgemaakt van Gronings (aard)gas. Circa 98 procent²⁸⁵ van de Nederlandse bevolking krijgt gas uit dit Groningenveld. Gasverbrandingstoestellen in Nederlandse huishoudens zijn momenteel ingesteld op dit type (laagcalorisch) gas.

Op 3 maart 2015 heeft minister Kamp aangegeven dat 'invoer van Russisch gas een optie is' gezien de beperkingen van gaswinning in Groningen. Dit was een reactie op de publicatie van het rapport van de Onderzoeksraad over Aardbevingsrisico's in Groningen.^{286, 287} Als hierdoor de samenstelling van het gas wijzigt en fluctueert en de gasdruk wijzigt, heeft dit gevolgen voor bestaande gasverbrandingstoestellen en de rookgassen bij verbranding. Rookgassen en condens kunnen agressiever zijn afhankelijk van de samenstelling van het gas²⁸⁸ waardoor sneller corrosie van de rookgasafvoer optreedt. Bestaande gasverbrandingstoestellen zullen aan de (wisselende) gaskwaliteit aangepast moeten worden. Niet-aangepaste gasverbrandingstoestellen kunnen hierdoor (meer) koolmonoxide produceren. Deze toestellen zijn hier ook niet voor bedoeld of geschikt voor. Vandaar dat ruim voor die tijd begonnen moet worden met de vervanging van gastoestellen door gastoestellen die wel zijn voorbereid op de nieuwe aardgaskwaliteit. Vanaf 2017 mogen slechts gastoestellen worden verkocht / geplaatst die hierop zijn voorbereid.

Vervangen van ketels

Verhoogd- en verbeterdrendementsketels (VR) worden steeds meer vervangen door hoogrendementsketels (HR). HR-ketels produceren meer condens in de rookgasafvoer dan VR-ketels. Als een HR-ketel op de bestaande rookgasafvoer wordt aangesloten, is er een verhoogde kans op corrosie vanwege de condens. Met name in gestapelde bouw, waar ketels niet altijd 'en bloc' en tegelijk met rookgasafvoerleidingen worden vervangen, kan dit tot lekkende afvoerleidingen leiden (vaak buiten het zicht van de bewoners). Per september 2015 is een verbod op de verkoop van VR-ketels afgekondigd.

Vervangen van rookgasafvoersystemen

Net als gastoestellen hebben gebruikte rookgasafvoersystemen een beperkte levensduur. Standaard is de levensduur van een gastoestel ongeveer vijftien jaar. In de gestapelde bouw moet men er rekening mee houden dat niet alle verschillende type gastoestellen door elkaar op één gezamenlijk rookgasafvoersysteem aangesloten kunnen worden.

*Energiezuinig stoken*²⁸⁹

Woningen worden steeds beter geïsoleerd, als gevolg van het stimuleren van energiezuinig stoken en beleid vanuit milieuoogpunt. Hierdoor wordt natuurlijke ventilatie minder (door kierdicht maken). Zo neemt de kans op een ongeval met koolmonoxide toe, met name in woningen met een open gasverbrandingstoestel of bij onjuist aangesloten

²⁸⁵ Bron: <http://www.namplatform.nl/gaswinning/het-groningen-gasveld.html#1>.

²⁸⁶ Bron: <http://onderzoeksraad.nl/nl/onderzoek/1991/aardbevingsrisico-s-in-groningen>.

²⁸⁷ Bron: <http://nos.nl/artikel/2022560-nederland-niet-afhankelijk-van-russisch-gas.html>.

²⁸⁸ Informatie van Kiwa en fabrikanten rookgasafvoerleidingen.

²⁸⁹ Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Europese richtlijn energieprestatie gebouwen.

rookgasafvoersystemen (onvoldoende afvoer van koolmonoxide en toegenomen productie door tekort aan verbrandingslucht).

Andere (verwarmings)bronnen

Recentelijk heeft minister Kamp van Economische Zaken het idee aangereikt²⁹⁰ om restwarmte van industrieën als energiebron toe te passen om woningen te verwarmen. Er zijn meerdere initiatieven geïnitieerd om Nederland minder afhankelijk van gas te maken. Bij gebruik van deze alternatieve energiebronnen worden verbrandingstoestellen in woningen overbodig en verdwijnt het risico op koolmonoxideproductie door deze toestellen.

Steeds meer mensen installeren hout- en pelletkachels voor de sfeer en als hoofdverwarming naast en als vervanging van centrale verwarming. Bij deze verbrandingstoestellen treden mogelijk andere mechanismen op bij de productie en het vrijkomen van koolmonoxide. Zo kunnen pellets, de brandstof voor pelletkachels, gaan broeien en koolmonoxide produceren. Dit mechanisme heeft al geleid tot meerdere dodelijke koolmonoxideongevallen.

Toename installaties

Woningen worden van steeds meer installaties voorzien, bijvoorbeeld voor ventilatie en koeling. Deze installaties beïnvloeden de werking van verbrandingsinstallaties en kunnen daarmee van invloed zijn op de mechanismen die leiden tot de productie en het vrijkomen van koolmonoxide.

Private kwaliteitsborging in de bouw

In de toekomst wordt de private kwaliteitsborging in de bouw ingevoerd. Daarmee verdwijnt de inhoudelijke toetsing door de gemeentelijke afdeling Bouw- en Woningtoezicht. In plaats daarvan tonen bouwers (aannemers, installateurs) zelf aan dat zij aan de eisen in het Bouwbesluit voldoen. Daarbij kan onder meer gebruik worden gemaakt van certificering. Deze ontwikkeling betekent dat de in paragraaf 3.3 genoemde kwaliteitslabels zoals BRL-6000 een grotere rol gaan spelen in de borging van de kwaliteit en veiligheid van installaties.

²⁹⁰ Bron: <http://www.bnr.nl/nieuws/469474-1504/kamp-nederland-minder-afhankelijk-maken-van-gas>.

SITUATIE IN ANDERE LANDEN

In de volgende tabel is weergegeven hoe de veiligheid van installaties wordt geborgd in de landen om ons heen. Rood betekent dat het aspect niet geregeld is, geel is beperkt/onbekend/in wording en de groene aspecten zijn wel geregeld.

Aspect	Verplichte ongevalsregistratie	Keuring installaties	Installateurs	Toezicht	Vervanging open toestel	CO-melders	Overig
Nederland	Geen	Alleen > 100 kW	Erkenning niet verplicht	Geen	Niet verplicht (advies)	Niet verplicht (advies)	
Duitsland	Ernstige ongevallen	Oplevering, revisie, vervanging	Erkenning verplicht	Netbeheerder / schoorsteenveger	Onbekend	Niet verplicht	Gedwongen onderhoud Detail-wetgeving
België	Ernstige ongevallen	Periodiek onderhoud	Erkenning voor gas-aansluiting	Netbeheerder	Vervangingspremie	Wordt niet aangeraden	
Groot-Brittannië	Alle ongevallen en gebreken	Jaarlijkse keuring en onderhoud verplicht in huurwoningen	Erkenning verplicht	HSE, Gas Safety Register	Onbekend	Wetsvoorstel verplichting	Actieve PR-strategie
Denemarken	Onbekend	Verplicht onderhoud per 1 à 2 jaar	Erkenning verplicht	Netbeheerder	Campagne, premie, verplicht	Wetsontwerp verplichting	Verbod stookolie en gas

Tabel 9: Hoe de veiligheid van installaties is geborgd in Nederland en in de ons omringende landen. (Bron: Kiwa Technology). Geraadpleegde organisaties zijn onder meer: FOD, Nationaal Giftcentrum (België), netbeheerders (MarcoGaz, Duitsland, Nederland)), Gas Safety Trust (Groot-Brittannië), Sikkerheidsstyrelsen (Denemarken).

**Bezoekadres**

Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag
T 070 333 70 00
F 070 333 70 77

Postadres

Postbus 95404
2509 CK Den Haag

www.onderzoeksraad.nl