

Technical SciencesStieltjesweg 1
2628 CK Delft
Postbus 155
2600 AD Delftwww.tno.nl

T +31 88 866 30 00

TNO-rapport**TNO 2014 R10615 versie 21 januari 2017****Meetprotocol TNO Worst Case Room**

Datum	21 januari 2017
Auteur(s)	A.M.M. Moons ing. L.J. van der Putte
Exemplaarnummer	0100006636
Oplage	
Aantal pagina's	13
Aantal bijlagen	-
Opdrachtgever	TNO intern
Projectnaam	Meetprotocol TNO Worst Case Room
Projectnummer	041.023011

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	TNO Worst Case Room	4
3	Testprocedure.....	5
3.1	Specificaties TNO Worst Case Room.	5
3.2	Specificaties testmaterialen.....	5
3.2.1	Kalkzandsteen	5
3.2.2	Beton en baksteen.....	5
3.2.3	Hardhout (meranti).....	5
3.2.4	Metaal	6
3.3	Matrix werkzaamheden – materiaalkeuze	6
3.4	Testprocedure stofzuigers	8
4	Meetmethodieken	10
5	Analyses	11
5.1	Detectiegrenzen respirabel kwarts (GSW TGG-8u: 0,075 mg/m ³).....	11
5.2	Inhaleerbaar houtstof (hardhout) (GSW TGG-8u: 2 mg/m ³)	11
5.3	Zeswaardig chroom (GSW TGG-15min: 10 µg/m ³).....	11
5.4	Lasrook (GSW TGG-8u: 1 mg/m ³).....	11
6	TNO label	12
7	Rapportages.....	14

1 Inleiding

Dit meetprotocol TNO Worst Case Room is ontwikkeld om (hand)gereedschappen met hun specifieke beheersmaatregelen tijdens operationeel gebruik objectief te beoordelen op de emissie van schadelijke stoffen (respirabel kwarts, houtstof (hardhout), asbest, lasrook, chroom, nikkel e.a.). Het uitgangspunt is de beoordeling van integrale gereedschapssystemen (b.v. gereedschap, stofafzuigkap, afzuigslang en stofzuiger). Deze testmethodiek is bedoeld om de blootstelling van werknemers aan schadelijke stoffen te beoordelen ten opzichte van de geldende grenswaarden (GSW TGG-8u). De blootstelling van een werknemer wordt gemeten tijdens het bewerken (boren, schuren, slijpen, zagen e.d.) van de bouwmaterialen kalkzandsteen, beton, hout en anders. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd in de TNO Worst Case Room, een relatief kleine werkruimte (15 m³). Het gereedschap wordt getest bij 100 % inschakelduur. De TNO Worst Case Room wordt geventileerd met 150 m³/uur (gefilterde) buitenlucht. Deze testruimte is gevalideerd met resultaten in werkelijke praktijksituaties. De blootstellingsmetingen worden uitgevoerd in de ademzone van de werknemer. De meetresultaten worden getoetst aan de geldende grenswaarden (GSW TGG-8u) van de genoemde schadelijke stoffen.

2 TNO Worst Case Room

De TNO Worst Case Room is een ruimte van 15 m³ en daarmee te vergelijken met een reële werkruimte zoals een badkamer.

Deze testruimte is karakteristiek voor een ongunstige werksituatie (Worst Case) en door TNO ingericht mede op basis van twee Europese normen:

- NEN-EN 1093-8 Veiligheid van machines - Evaluatie van de emissie van gevaarlijke stoffen in de lucht - Deel 8: Parameter voor de concentratie aan vervuilende stof proefstandmethode en;
- NEN-EN 1093-9 Veiligheid van machines - Evaluatie van de emissie van gevaarlijke stoffen in de lucht - Deel 9: Parameter voor de concentratie aan vervuilende stof, proefruimtemethode.

De algemene specificaties voor de TNO Worst Case Room, zie foto 1 (als onderdeel van het EMB laboratorium, zie foto 2) zijn als volgt:

- afmetingen 2,5 bij 2,5 bij 2,3 meter; volume 15 m³; volume luchtsluis 3,5 m³;
- instelbare (gefilterde Hi-Flow 80/125-95) luchttoevoer 10 – 250 m³/uur;
- luchtkwaliteit (blanco): minder dan 0,01 mg respirabel stof per m³;
- instelbare temperatuur 10 – 40 graden Celsius;
- instelbare luchtvochtigheid 20 - 95 %.



Foto 1. TNO Worst Case Room



Foto 2. TNO EMB laboratorium

3 Testprocedure

In dit hoofdstuk worden de specifieke testomstandigheden beschreven met betrekking tot de testruimte en de testmaterialen. De testen worden uitgevoerd onder “standaard” instellingen in de TNO Worst Case Room (zie 3.1). De bewerkingen (boren, slijpen, zagen, hakken e.d.) worden uitgevoerd op een aantal “referentie” bouwmaterialen (zie 3.2). De blootstelling van de werknemer wordt vastgesteld in de ademzone van de werknemer tijdens het bewerken van de bouwmaterialen gedurende een meetperiode van 60 minuten. De (industriële) stofzuiger is geplaatst in de TNO Worst Case Room.

3.1 Specificaties TNO Worst Case Room.

De blootstellingstesten worden uitgevoerd bij de volgende instellingen van de testruimte:

- luchttoevoer: 150 m³/uur;
- luchtafvoer: 150 m³/uur;
- temperatuur: 20 - 25 graden Celsius;
- relatieve vochtigheid: 40 - 60 %.

3.2 Specificaties testmaterialen.

Momenteel zijn er vijf testmaterialen beschikbaar nl. kalkzandsteen, beton, keramische wandtegels, hardhout (meranti) en metaal. Deze materialen worden geplaatst in de TNO Worst Case Room en bewerkt met gereedschappen zoals gebruikelijk in de dagelijkse praktijk in de bouwnijverheid, de houtindustrie en de metaalindustrie. De materialen worden in de navolgende tekst nader gespecificeerd.

3.2.1 *Kalkzandsteen*

Kalkzandsteenblokken type CVK L100/198. Afmetingen (lengte, hoogte, dikte): 300 mm, 200 mm en 100 mm. Het gemiddelde percentage respirabel kwarts in het respirabele stof bedraagt circa 25 %. Dit percentage is door TNO bepaald met behulp van de analysetechniek FT-IR.

3.2.2 *Beton, baksteen en keramische wandtegels*

Voor de experimenten met het materiaal beton worden betonplaten 600x 600x150 mm gebruikt. Als tweede materiaal worden betonnen tegels (40x60x5 cm) gebruikt. De keramische wandtegels hebben de volgende afmetingen: 300*450*10 mm.

Het gemiddelde percentage respirabel kwarts in het respirabele stof van beton bedraagt circa 15 %. Dit percentage is door TNO bepaald met behulp van de analysetechniek FT-IR.

3.2.3 *Hardhout (meranti)*

Voor de experimenten met hardhout wordt meranti gebruikt.

3.2.4 Metaal

Voor de experimenten met het materiaal metaal wordt de keuze afhankelijk van het project bepaald. Voorbeelden: het lassen van roestvast staal (RVS) voor het bepalen van de blootstelling aan chroom en nikkel; metaal voorzien van een chromaathoudende primer voor de bepaling van zeswaardig chroom; ongelegeerd metaal voor de bepaling van lasrook.

3.3 Matrix werkzaamheden – materiaalkeuze

In de onderstaande tabel 1 wordt aangegeven welke bouwmaterialen worden gebruikt bij het boren, slijpen, zagen etc.

Tabel 1. Overzicht werkzaamheden in relatie met bouwmaterialen.

Werkzaamheden	Referentie bouwmaterialen
Steenachtige materialen	
Boren (boorhamer < 3 kg): boordiameter 12 mm; boordiepte 80 mm	Betonplaat: 600x600x150 mm (lxbxh)
Boren (boorhamer > 3 kg): boordiameter 30 mm; boordiepte 80 mm)	Betonplaat: 600x600x150 mm (lxbxh)
Boren (nat) 10 – 350 mm, boordiepte 80 mm)	Betonplaat: 600x600x150 mm (lxbxh)
Schuren/ slijpen	Betonnen tegels: 500x500x50 mm (lxbh)
Slijpen (haakse slijper)	Kalkzandsteen blokken: 430x300x70 mm (lxbxh)
Sleuvenzagen	Kalkzandsteen blokken: 430x300x70 mm (lxbxh)
(Door) slijpen	Keramische wandtegels: 450x300x10 mm (lxbxh)
(Door) slijpen (nat)	Betonnen opsluitbanden: 1000x100x250 mm (lxbxh)
Hakken/ slopen (droog)	Betonplaat: 600x600x150 mm (lxbxh)
Hakken/ slopen (nat)	Betonplaat: 600x600x150 mm (lxbxh)
Zagen (droog)	Kalkzandsteen / Baksteen: 200x100x50 mm (lxbxh)
Zagen (nat)	Kalkzandsteen / Baksteen:(200x100x50 mm (lxbxh)
Hout	
Boren (boorhamer < 3 kg): boordiameter 12 mm, boordiepte 80 mm	Meranti (lxbxh): 1250x210x80 mm
Schuren (korrelgrootte P100)	Meranti (lxbxh): 1250x620x33 mm
Zagen (cirkelzaag) (diameter < 200 mm); fijne vertanding Z50	Hardhout multiplex 9 mm
Zagen (afkortzaag) (diameter > 200 mm); fijne vertanding Z50	Meranti (lxbxh): 1250x155x33 mm
Zagen (afkortzaag) (diameter > 300 mm); fijne vertanding Z50	Meranti (lxbxh): 1250x620x33 mm
Decoupeerzagen: fijne vertanding	Hardhout multiplex 9 mm
Frezen (diameter 12 mm, diepte 70 mm)	Meranti (lxbxh): 1250x210x80 mm

Tabel 2. Overzicht bronsterkten diverse werkzaamheden.

Werkzaamheden	Referentie bronsterkte per 8-urige werkdag
Steenachtige materialen	
Boren (boorhamer < 3 kg): boordiameter 12 mm; boordiepte 80 mm	2000 boorgaten (100 % inschakeltijd)
Boren (boorhamer > 3 kg): boordiameter 30 mm; boordiepte 80 mm	1000 boorgaten (100 % inschakeltijd)
Boren (nat) 10 mm	500 boorgaten (100 % inschakeltijd)
Boren (nat) 350 mm	50 boorgaten (100 % inschakeltijd)
Schuren/ slijpen	100 % inschakeltijd
Slijpen (haakse slijper)	500 strekkende meter enkelvoudige zaagsnede (2 mm x 25 mm) (100 % inschakeltijd)
Sleuvenzagen	500 strekkende meter dubbele zaagsnede (2 mm x 25 mm) (100 % inschakeltijd)
(Door) slijpen keramische tegels	50 strekkende meter (100 % inschakeltijd, gereduceerd)
(Door) slijpen betonnen opsluitbanden	100 strekkende meter (100 % inschakeltijd)
Hakken/ slopen (droog); puntbeitel	100 % inschakeltijd
Hakken/ slopen (nat); puntbeitel	100 % inschakeltijd
Zagen (droog)	100 % inschakeltijd
Zagen (nat)	100 % inschakeltijd
Hout	
Boren (boorhamer < 3 kg): boordiameter 12 mm, boordiepte 80 mm	2000 boorgaten (100 % inschakeltijd)
Schuren (korrelgrootte P100)	100 % inschakeltijd
Zagen (diameter < 200 mm); fijne vertanding Z50	500 strekkende meter (9 mm hardhout multiplex) (100 % inschakeltijd)
Zagen (diameter > 200 mm); fijne vertanding Z50	250 strekkende meter (meranti 33 mm) (100 % inschakeltijd)
Zagen (diameter > 300 mm); fijne vertanding Z50	250 strekkende meter (meranti 33 mm) (100 % inschakeltijd)
Decoupeerzagen (fijne tanding)	500 strekkende meter (9 mm hardhout multiplex) (100 % inschakeltijd)
Frezen (diameter 12 mm, diepte 80 mm)	4000 freesgaten (100 % inschakeltijd)

In de TNO Worst Case Room wordt het te bewerken materiaal geplaatst. Het (hand)gereedschap met beheersmaatregel (stofzuiger, water, stoom) wordt eveneens in de testruimte geplaatst. De werksituatie is geschetst in figuur 3.



Figuur 3. Schematische weergave TNO testopstelling

De luchtbehandelingsinstallatie wordt ingeschakeld. Na 30 minuten stabilisatie van de Worst Case Room kunnen de blootstellingstesten aanvangen. Gedurende een periode van 60 minuten wordt het gereedschap continu gebruikt (inschakeltijd 100%) op het betreffende materiaal. De gereedschappen met beheerssystemen worden gebruikt zoals aangegeven in de gebruikshandleiding(en) van de producent(en)/ leverancier(s). Indien van toepassing wordt het gereedschap ingesteld op maximale specificaties (maximaal vermogen, toerental, slagkracht e.d.) Na 60 minuten wordt het experiment beëindigd.

3.4 Testprocedure stofzuigers

Er zijn een aantal verschillende typen stofzuigers te onderscheiden. In de onderstaande tekst worden deze benoemd en wordt het filterreinigingsprotocol, aangehouden tijdens de TNO testen, vermeld.

- Stofzuigers met een **automatische reiniging** op basis van **trillingen**;
- Stofzuigers met een **automatische reiniging** op basis van **luchtomkering**;
- Stofzuigers met een **semi-automatische reiniging** op basis van **trillingen**.
Semi-automatisch betekent als de flowindicatie brandt (rode lampje) wordt bij de eerstvolgende stop-start (pauze) de reiniging automatisch in werking gesteld indien het gereedschap via de stofzuiger wordt in-uitgeschakeld (AR stand);
- Drietrapsfiltersysteem (cycloon, fijnfilter, Hepa-filter) met **handmatige reiniging**;
- Stofzuigers met een integraal filter-stofopvangzak.

Stofzuigers met een automatisch reinigingssysteem van de filters heeft de voorkeur. Het toepassen van een reinigingssysteem gebaseerd op trillingen heeft de voorkeur boven een systeem met luchtomkering. Bij luchtomkering wordt het filter gereinigd door luchtpulsen, hierdoor komt de stofzuiger op overdruk te staan en is door lekkage via afdichtingen (pakkingen) emissie van stof vanuit de stofzuiger naar de werkomgeving van de werknemer een reële mogelijkheid.

Semi-automatische reiniging (trillingen) is minder effectief en stelt eisen aan de gebruiker. Vaak wordt het moment van noodzakelijke reiniging aangegeven door een (rood) lampje of een akoestisch signaal. De werknemer zal deze signalen, in de dagelijkse praktijk, niet altijd opmerken (b.v. vanwege het overstemmende geluid van gereedschap en stofzuiger) en zal de noodzakelijke handelingen dus niet op tijd verrichten.

Bij drietrapsfiltersystemen is handmatige reiniging (in de huidige praktijk) noodzakelijk. Dit stelt eisen aan de werknemers. Door de toepassing van een

cycloon als voorafscheider zullen de fijnfilters en Hepa-filters minder snel vervuilen en wordt de afzuigcapaciteit van deze stofzuigers minder snel verminderen.

Voor de uitvoering van de TNO testen worden de volgende reinigingsprocedures aangehouden:

1. **Automatische reiniging** ingeschakeld. De capaciteit van de stofzuiger wordt gemeten met een Acin flowfinder vóór en ná de meetperiode (1 uur) na reiniging van de filters.
2. **Semi-automatische reiniging** ingeschakeld (AR stand of gelijkwaardig). Het gereedschap (haakse slijper, of ander gereedschap) is elektrisch verbonden met de stofzuiger. Bij het uitschakelen van de haakse slijper wordt het reinigingssysteem automatisch geactiveerd. Bij constatering van de werknemer dat het rode lampje brandt wordt de haakse slijper uitgeschakeld en daarmee het filtersysteem automatisch gereinigd. De capaciteit van de stofzuiger wordt gemeten met een Acin flowfinder vóór en ná de meetperiode (1 uur) na reiniging van de filters.
3. Handmatige reiniging wordt elke 15 minuten uitgevoerd. Dit betekent dus 4 maal reinigen per 60 minuten. De capaciteit van de stofzuiger wordt gemeten met een Acin flowfinder vóór en ná de meetperiode (1 uur) na reiniging van de filters.
4. Bij stofzuigers met een integraal filter-stofopvangsysteem (Numatic-Airbo) wordt vermeld op welk moment er een nieuw filter-stofopvangzak moet worden gebruikt. De capaciteit van de stofzuiger wordt gemeten met een Acin flowfinder vóór en ná de meetperiode (1 uur).

4 Meetmethodieken

Per experiment worden op drie plaatsen stofmonsters van de schadelijke stof verzameld.

In ademzone werknemer:

- op linker revers werknemer;
- midden op revers werknemer;
- op rechter revers werknemer.

Voor de monsterneming wordt gebruikgemaakt van specifieke meetsystemen. In de navolgende tabel 3 is deze informatie vermeld.

Tabel 3. Overzicht meetapparatuur en analysetechniek

Materiaal	Type monsterkop	Type pomp	Filter	Analysetechniek
Kalkzandsteen/ beton/ baksteen	FSP 10 Cycloon	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	Glasvezel 37 mm	Gravimetrie (respirabel stof - respirabel kwarts)
Kalkzandsteen/ beton/ baksteen	FSP 10 Cycloon	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	MCE 37 mm	FT-IR (respirabel kwarts)
Keramische wandtegel	FSP 10 Cycloon	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	Glasvezel 37 mm	Gravimetrie (respirabel stof - respirabel kwarts)
Keramische wandtegel	FSP 10 Cycloon	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	MCE 37 mm	FT-IR (respirabel kwarts)
Hardhout	PAS 25 mm (open)	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	Glasvezel 25 mm	Gravimetrie (inhaleerbaar houtstof)
Lasrook	PAS 25 mm (open)	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	Glasvezel 25 mm	Gravimetrie (lasrook)
Metaal (met strontiumchromaat primer)	PAS 25 mm (open)	Giliam AirCon2 (10 dm ³ /min)	PVC 25 mm	Spectrometrie (zeswaardig chroom)

5 Analyses

5.1 Detectiegrenzen respirabel kwarts (GSW TGG-8u: 0,075 mg/m³)

Detectiegrens gravimetrische bepaling op 37 mm glasvezelfilter: 0,05 mg stof absoluut.

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min en 25 % kwartspercentage: **0,021 mg/m³**

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min en 15 % kwartspercentage: **0,013 mg/m³**

Quick scan respirabel kwarts met FT-IR

Detectiegrens bepaling FT-IR op 37 mm MCE filter: 1 µg respirabel kwarts absoluut.

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min en 25 % kwartspercentage: **2 µg/m³**

5.2 Inhaleerbaar houtstof (hardhout) (GSW TGG-8u: 2 mg/m³)

Detectiegrens gravimetrische bepaling op 25 mm glasvezelfilter in open filterhouder: 0,05 mg stof absoluut.

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min: **0,08 mg/m³** (GSW TGG-8u is 2 mg/m³).

5.3 Zeswaardig chroom (GSW TGG-15min: 10 µg/m³)

Detectiegrens gravimetrische bepaling op 25 mm PVC filter in open filterhouder: 0,1 µg zeswaardig chroom absoluut.

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min: **0,17 µg/m³**

5.4 Lasrook (GSW TGG-8u: 1 mg/m³)

Detectiegrens gravimetrische bepaling op 25 mm glasvezelfilter in open filterhouder: 0,05 mg lasrook absoluut.

Dus detectiegrens bij monstertijd 60 min. en monsterdebiet 10 dm³/min: **0,08 mg/m³**

6 TNO label

De meetresultaten, verkregen in de TNO Worst Case Room, worden getoetst aan de huidige Grenswaarde Stoffen op de werkplek (GSW). De volgende grenswaarden worden gehanteerd:

- Respirabel kwarts: GSW TGG-8u: 0,075 mg/m³;
- Houtstof (hardhout): GSW TGG-8u: 2,0 mg/m³;
- Zeswaardig chroom: GSW TGG-8u: 10 µg/m³;
- Lasrook: GSW TGG-8u: 1,0 mg/m³.

In de onderstaande figuur 4 zijn twee voorbeelden van de TNO labels weergegeven. Er zijn in totaal 8 verschillende labels variërend van 1 tot 8 uur. Een verantwoorde inschakeltijd per 8 urige werkdag kan dus variëren van 1 tot 8 uur. Een label van 1 uur betekent dat het gereedschapssysteem 1 uur per dag (evenredig verdeeld over de 8-urige werkdag) kan worden gebruikt zonder dat de grenswaarde voor de betreffende schadelijke stof (b.v. respirabel kwarts) wordt overschreden. Het hoogste label is uiteraard een 8 uur label, dit gereedschap kan de gehele dag (100 % inschakeltijd) worden gebruikt zonder dat de betreffende grenswaarde wordt overschreden.



Figuur 4. TNO label 1 uur en label 8 uur.

Het label wordt berekend volgens: **(GSW / blootstelling) x 8 uur**

Waarin:

GSW= grenswaarde betreffende stof (mg/m³)

blootstelling = gemeten blootstelling in ademzone werknemer (mg/m³)

8 uur = achturige werkdag

Het label wordt meetkundig afgerond op gehele getallen (1-8). Indien de meetkundige waarde kleiner is dan 1 wordt geen label voor het betreffende gereedschapssysteem toegekend.

De "meetnauwkeurigheid" is circa 15 % (5% analyse; 5 % monsterneming en 5 % reproduceerbaarheid gebruiker). Dit betekent een mogelijke "onnauwkeurigheid" (inclusief meetkundige afronding) in het uiteindelijke label van +/- 1 uur in het uiterste geval.

Voorbeeld: meetresultaat is een label van 1,4. Met een meetnauwkeurigheid van

15 % betekent dit een spreidingsinterval van 1,2 – 1,6.....en afgerond dus een label van 1 of 2 uitgaande van hetzelfde meetkundige gemiddelde.

7 Rapportages

Voor de rapportages wordt verwezen naar de website van TNO:
www.stofvrijwerken.tno.nl

Op deze website zijn o.a. vermeld:

- TNO Nieuwsbrief;
- TNO Prestatietoets;
- TNO Classificatie stofzuigers.

De TNO website en een voorbeeld van een TNO Nieuwsbrief zijn hieronder in de figuren 5 en 6 weergegeven.



Figuur 5. Frontpagina TNO website www.stofvrijwerken.tno.nl



Figuur 6. TNO Nieuwsbrief