

Opiniërend

Vezels in de werkatmosfeer – vergelijking van gevaren en risico's

Joost van Rooij¹ en Daan Huizer¹

Trefwoorden: asbest, man made mineral fibres (MMMF), glaswol, minerale wol, hoge temperatuur isolatie wol (HTIW), keramische vezels, alumino silicate wool (ASW/RCF)

Samenvatting

In de werkatmosfeer kunnen verschillende soorten vezels voorkomen. Veelal betreft het *Man Made Mineral Fibres* (MMMF). Hieronder vallen de veel toegepaste glaswol- en steenwolvezels maar ook de zogenaamde hoge temperatuur isolatie wolsoorten (*High Temperature Insulation Wools* - HTIW). Veelgebruikte hoge temperatuur isolatie wolsoorten zijn de amorfe *Alkaline Earth Silicate wool* (AES) en *Alumino Silicate Wool* (ASW). Deze laatste vezelsoort, ASW, is ook bekend als *Refractory Ceramic Fibre* (RCF) en wordt in Nederland veelal aangeduid als *keramische vezel*. In dit artikel wordt deze vezelsoort daarom ook afgekort als ASW/RCF. Daarnaast kunnen bij saneringswerkzaamheden ook asbestvezels vrijkomen. De gevaren van deze vezelsoorten zijn de afgelopen jaren opnieuw geëvalueerd.

De Gezondheidsraad adviseert in haar evaluatie van 2010 om de werkplekgrenswaarden van het kankerverwekkende asbest sterk te verlagen. Voor wit asbest wordt 0,002 vezels/cm³ geadviseerd, voor blauw en bruin asbest

0,00042 vezels /cm³. Het gaat in beide gevallen om een forse aanscherping van de grenswaarde van 2007 (0,01 vezels/cm³ voor zowel wit, bruin als blauw asbest). Sinds het Asbestverbod van juli 1993 is het in Nederland niet meer toegestaan om asbesthoudende producten te bewerken of te verwerken. Beroepsmatige blootstelling vindt eigenlijk alleen nog plaats bij saneringswerkzaamheden. De bestaande richtlijnen en voorschriften voor asbestsanering zullen aanzienlijk moeten worden aangescherpt om aan deze strengere grenswaarden voor asbest te voldoen.

Op basis van haar evaluatie uit 2012, adviseert de Europese Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) voor vezels die niet worden verdacht van kankerverwekkende eigenschappen een grenswaarde van 1 vezel/cm³. Dit betreft glaswol, steenwol maar ook de hoge temperatuur isolatie wolsoort van het type *Alkaline Earth Silicate Wool* (AES). Het kritisch effect van deze vezels is ontstekingsreacties in de longen. Overschrijding van deze grenswaarde doet zich met name voor bij het

¹ Correspondentieadres: Caesar Consult Nijmegen, Postbus 31070, 6503 CB Nijmegen; email: joost.vanrooij@caesar-consult.nl

aanbrengen/verwerken van losse isolatievezels, bij ruwe bewerking van isolatiemateriaal (zagen/schuren) en bij de verwijdering en/of sloop van oud isolatiemateriaal. De blootstelling bij de productie ligt over het algemeen onder deze grenswaarde van 1 vezel/cm³.

Ten aanzien van de hoge temperatuur isolatie wolsoort Aluminium Silicaat Wol (ASW/RCF), ook wel keramische vezel genoemd, zijn er op basis van inhalatie-experimenten met proefdieren aanwijzingen voor carcinogene eigenschappen, al bestaat er twijfel of deze dierexperimenten correct zijn uitgevoerd. Zowel de Gezondheidsraad als SCOEL komen tot de conclusie dat vezels van het type ASW/RCF slechts indirect het DNA beschadigen en dus, in tegenstelling tot asbest, een veilige drempelwaarde kennen. SCOEL adviseert een grenswaarde van 0,3 vezels/cm³ voor ASW/RCF. Een dergelijke concentratie kan zich voordoen bij de verwerking en de verwijdering of sloop van isolatiemateriaal dat gemaakt is van ASW/RCF vezels.

De schadelijkheid van glaswol, steenwol en hoge temperatuur isolatie wol (HTIW) blijkt beperkt. Op basis van de meest recente grenswaarden van deze vezelsoorten, verhoudt de schadelijkheid zich als volgt: (glaswol, steenwol, HTIW van het type AES) : (HTIW/keramische vezel van het type ASW) : (wit asbest) : (bruin asbest, blauw asbest), is als 1 : 3 : 500 : 2380.

Risico's voor werknemers doen zich voornamelijk voor bij het aanbrengen van losse isolatievezels (glaswol of steenwol), bij ruwe bewerking van isolatiemateriaal (zagen, schuren) en bij de verwijdering van oude isolatiematerialen, ongeacht het type vezel. In het geval van glaswol, steenwol en HTIW (waaronder de zogenaamde keramische vezels) kan bij deze werkzaamheden worden volstaan met adequate adembescherming. Als het gaat om de verwijdering van asbest zijn veel stringenter beheersmaatregelen nodig om de blootstelling onder de grenswaarden te houden.

Abstract

In the working atmosphere different types of fibers may occur, most often so called *Man Made Mineral Fibers (MMMMF)*. These include glass wool fibers, rock wool fibers and high temperature insulation wools (HTIW). The most commonly used HTIWs are *Alkaline Earth Silicate wool (AES)* and *Alumino Silicate Wool (ASW)*. ASW is also known as *Refractory Ceramic Fiber (RCF)* or in The Netherlands as '*keramische vezel*'. Additionally asbestos fibers may be released during remedial work. The hazards of all these fibers have been re-evaluated in recent years.

The Netherlands Health Council advises in its evaluation of 2010 to reduce the occupational exposure limits of asbestos significantly. For white asbestos 0,002 fibers/cm³ is advised, for blue and brown asbestos even 0,00042 fibers/cm³. In both cases it is a significant reduction of the limit values of 2007 (0,01 fibers/cm³ for white, brown and blue asbestos). Since the Asbestos Ban in July 1993 it is

no longer allowed to use or process products containing asbestos in The Netherlands. In general, occupational exposure only occurs during rehabilitation work. The existing procedures for the safe removal of asbestos will need a thorough revision in order to comply with the new and more stringent exposure limit values of asbestos.

Based on an evaluation in 2012, the European Scientific Commission on Occupational Exposure Limits (SCOEL) recommends for fibers for which there is no indication of carcinogenicity, an occupational exposure limit of 1 fibre/cm³. This kind of MMMF includes glass wool, rock wool but also HTIW of the type Alkaline Earth Silicate Wool (AES). The critical health effect of these fibers is inflammatory reactions in the alveoli. Exceedance of this limit value may occur during the application / processing of loose insulation fibers, during cutting/sanding of insulation and during removal or demolition of old/used insulation materials. The exposure in the production is generally below 1 fiber/cm³.

There are indications from inhalation experiments with animals that the fibers of the high temperature isolation wool of the type Aluminum Silicate Wool (ASW) are carcinogenic, although there is doubt whether these animal experiments have been performed properly. Both the Health Council and SCOEL come to the conclusion that refractory ceramic fibers of the type ASW only indirectly damage DNA and thus, unlike asbestos, have a safe threshold level. SCOEL recommends for this type of ceramic fibers an occupational exposure limit value of 0,3 fibers/cm³. This level may be exceeded during the processing and during the disposal or demolition of insulation made from ASW.

The hazards of glass wool, rock wool and high temperature insulation wools are limited. Based on the most recent exposure limit values, the hazards of these fibers relate as follows: (glass wool, rock wool, HTIW type AES) : (HTIW/ceramic fiber type ASW) : (white asbestos): (brown asbestos, blue asbestos) is as 1 : 3 : 500 : 2380.

Workers are at risk when applying friable insulation fibers (glass wool or rock wool), during cutting/sanding of insulation and during the removal of old insulation material, regardless the type of fiber. In the case of glass wool, rock wool and HTIW including the so-called ceramic fibers, adequate respiratory protection will generally be sufficient to avoid adverse effects in the lungs. When it comes to the removal of asbestos more stringent risk management measures are needed to keep the fiber concentration below the exposure limits recommended by the Netherlands Health Council.

1. Inleiding

In de afgelopen jaren zijn er meerdere evaluaties van de kankerverwekkende eigenschappen van vezels verschenen. De Gezondheidsraad publiceerde een hernieuwde evaluatie van de risico's van asbest in 2010 (Gezondheidsraad, 2010) en over de risico's van keramische vezels in 2011 (Gezondheidsraad, 2011). Ook in Europees verband zijn de gevaren van keramische vezels geëvalueerd (SCOEL, 2011). In maart 2012 verschenen tevens Europese aanbevelingen voor grenswaarden voor zogenaamde *Man Made Mineral Fibers* (MMMMF) die niet verdacht worden van carcinogeniteit (SCOEL, 2012). In deze categorie vallen onder andere glaswol en steenwol.

Asbest mag in Nederland sinds 1993 niet meer worden toegepast. Voor de isolatie van processen die plaatsvinden bij hoge temperaturen gebruikt men sindsdien hoge temperatuur isolatie wolsoorten (HTIW). Hieronder vallen ook de zogenaamde keramische vezels. Het gebruik van HTIW is kleinschalig en beperkt zich tot speciale industriële toepassingen. De meest toegepaste vezels betreffen glaswol- en steenwolvezels. Deze vezels worden gebruikt voor warmte- en/of geluidsisolatie en zijn ook bij het grote publiek bekend omdat ze in elke doe-het-zelf zaak volop verkrijgbaar zijn.

Dat asbest gevaarlijk is weten we wel. 'Keramische vezels' klinkt bij velen gevaarlijk in de oren, al is vaak onduidelijk wat voor vezels dit zijn. Glaswol en steenwol zijn als materiaal een stuk bekender en worden over het algemeen als niet gevaarlijk aangemerkt.

Dit artikel geeft een actueel overzicht van de gevaren en risico's van deze verschillende soorten vezels in de werkatmosfeer.

2. Asbestvezels

Asbest wordt niet door de mens gemaakt maar wordt gewonnen in mijnen. De grootste hedendaagse asbestproducerende landen zijn Rusland, China, Brazilië en Kazachstan. Canada en Zuid Afrika zijn inmiddels gestopt met productie. Grootste gebruikers zijn China, Rusland, India, Brazilië en Indonesië (Virta, 2006; USGS, 2013).

Asbestvezels zijn kristallijne vezels die over de lengterichting kunnen splitsen. De meest voorkomende soorten asbest zijn:

- wit asbest (chrysotiel)
- blauw asbest (crocidoliet)
- bruin asbest (amosiet)

Men onderscheidt bovendien vaak twee hoofdgroepen asbest: de serpentijn (chrysotiel) en de amfibool groep. De twee meest toegepaste amfibolen zijn crocidoliet (blauw asbest) en amosiet (bruin asbest). Andere minder vaak toegepaste amfibole asbestsoorten zijn tremoliet (grijs asbest), actinoliet (groen asbest) en anthofylit (geel asbest). Behalve qua kleur verschillen deze asbestsoorten

ook qua morfologie en chemische samenstelling. Ook zijn er verschillen in toepassing en carcinogene potentie.

Wit asbest is een magnesiumhoudend plaatsilicaat waarbij de vlakke structuur rond een schijnbare as is gerold en een buis vormt: een fibril. Een vezel bestaat uit meerdere fibrillen en is vaak krulvormig. De fibril geeft de vezel sterkte en buigzaamheid. Wit asbest heeft een zijdeachtige structuur en microfibrillen kunnen een diameter hebben die kleiner is dan 0,03 μm .

Amfibolen bevatten minder magnesium, maar vooral ijzer, calcium en mangaan en hebben meestal een starre structuur, waardoor ze minder buigzaam, brozer en ruwer zijn dan wit asbest. De diameter van de fibrillen is niet kleiner dan 0,1 μm , met uitzondering van blauw asbest (ca. 0,05 μm) (Gezondheidsraad, 2010).

De chemische samenstelling van asbestvezels lijkt veel op glaswol (tabel 1). In vergelijking met de *Man Made Mineral Fibres* (MMMMF) is er een aantal belangrijke verschillen, zoals de structuur (asbest is kristallijn in plaats van amorf), de morfologie (asbestvezels kunnen over de lengte splitsen en zijn opgebouwd uit fibrillen; tabel 2), de oplosbaarheid in longvloeistof (asbestvezels zijn slecht oplosbaar) en de biopersistentie (asbestvezels hebben een hoge halfwaardetijd in de longen zowel na inhalatie als na intratracheale injectie; tabel 3).

Gebruik

Asbest is in Nederland vanaf het begin van de vorige eeuw toegepast in tal van materialen, zoals golfplaten, isolatiemateriaal (board, spuitasbest), pakkingen en remvoeringen. Bij meer dan negentig procent van de toepassingen van asbest gaat het om wit asbest; dit type asbest is goedkoop en het vezeltype is het meest flexibel. Bruin asbest is vooral gebruikt voor isolatiedoeleinden en brandwering, en blauw asbest voornamelijk in isolatie- en asbestcementproducten.

De invoer van asbest in Nederland was het hoogst in de periode 1975-1980: ca. 45.000 ton per jaar. In 1978 werd het gebruik van blauw asbest in Nederland verboden. Sinds 1993 geldt in Nederland een verbod op het gebruik van alle asbestsoorten.

Gevaar

De ontwikkeling van de kennis van de gevaren van asbest in zowel de wetenschap als de maatschappij kent een bewogen historie. In 2012 is hierover een interessant proefschrift verschenen van dhr. R. Reurs (Reurs, 2012). Hij is advocaat en ondersteunt asbestslachtoffers of hun nabestaanden bij juridische procedures.

Inmiddels is genoegzaam bekend dat overmatige blootstelling aan asbestvezels kan leiden tot asbestose ('stoflongen'), longkanker en/of mesothelioom (tumoren aan longvlies of buikvlies). Mesothelioom is een zeer

Tabel 1 Chemische samenstelling van de verschillende vezelsoorten

Vezel-categorie	Type vezel / wol	Compositie (gewicht %)							bron	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	CaO	MgO	other oxides		
Man Made Mineral Fibres	"Lage temperatuur isolatie wol"	Glaswol	48 - 65 %	0,1 - 4 %			8 - 39 %	2 % (Fe ₂ O ₃), 13 % (Na ₂ O + K ₂ O)	[1a]	
		Steenwol	35 - 46 %	11 - 23 %	0 - 3 %		13 - 42 %	6 % (Fe ₂ O ₃), 4 % (Na ₂ O + K ₂ O)	[1a]	
	Hoge Temperatuur Isolatie Wol	Alumino-Silicate-Wol / 'Keramische vezel' (ASW / RCF)								
		- Aluminium-Silicate-Wol	44 - 54 %	46 - 56 %				< 1 %	[1b]	
		- Aluminium-Zirconium-Silicate-Wol	> 48 %	< 37 %		< 20 %		< 1 %		
Alkaline-Earth Silicate-Wol (AES)	50-82 %	< 6 %		18-43 %		< 1 %				
	Polycrystalline wol (PCW)	3 - 28 %	72 - 97 %				< 0,1 %			
Asbest	Serpentijn	Chrysotiel ('wit asbest')	37-44%	0,2-1,5%			0 - 5 %	39-44%	0 - 6 % (FeO), 0,1 - 5 % (Fe ₂ O ₃)	[1c]
	Amfibool	Crocidoliet ('blauw asbest')	49-53%	0 - 0,2 %			0,3 - 2,7 %	0-3 %	13-20% (FeO), 17-20 % (Fe ₂ O ₃), 4-8,5 % (Na ₂ O)	
		Amosiet ('bruin asbest')	49-53%					1-7%	34-44% (FeO), 0-0,4 % (Na ₂ O + K ₂ O)	
n.b.: Asbest bevat tevens water: Chrysotiel: 12-15 %, Crocidoliet: 2,5-4,5 % en Amosiet: 2,5-4,5 %										

[1a] Belmann B, Schaeffer HA, Muhle H. Impact of variations in the chemical composition of vitreous mineral fibers on biopersistence in rat lungs and consequences for regulation. *Inhalation Toxicology*, 22(10):817-827, 2010

[1b] European Standard prEN 1094-1. Insulating refractory products - terminology, classification and methods of test for high temperature insulation wool products - CEN, Brussels, January 2008

[1c] U.S. department of Health and Human Services. Eight Annual Report on Carcinogens: 1998 Summary. Editor: B. Leonard B, National Toxicology Program, USA, 1998

Tabel 2 Morfologie van vezels

Vezel-categorie	Type vezel / wol	Gemiddelde vezel diameter [µm]	Amorf / kristallijn	Andere vezel karakteristieken	bron	
Man Made Mineral Fibres	"Lage temperatuur isolatie wol"	Glaswol	1 - 5	amorf	met (phenolische) bindmiddel	[2b]
		Steenwol	2 - 5	amorf	met (phenolisch) bindmiddel	[2b],[2a]
	Hoge Temperatuur Isolatie Wol	Alumino-Silicate-Wools / 'keramische vezel' (ASW / RCF)	1-3	amorf	zonder binder	[2a]
		Alkaline-Earth Silicate-Wol (AES)	1-3	amorf	zonder binder	[2a]
		Polycrystalline wol (PCW)	3-7	(poly-) kristallijn	zonder binder	[2a]
Asbest	Serpentijn	Chrysotiel ('wit asbest')	vezel: 0,75 - 1,5 (fibril: 0,02-0,04)	kristallijn	Vezels vertonen slijting over de lengte. Een vezel bestaat uit meerdere fibrillen en is vaak krulvormig. De fibril geeft de vezel sterkte en buigzaamheid. Chrysotiel heeft een zijdeachtige structuur.	[2b]
	Amfibolen	Crocidoliet ('blauw asbest')	vezel: 1,5 - 4,0 (fibril: 0,05-0,07)	kristallijn	Vezels vertonen slijting over de lengte. Amfibolen hebben meestal een starre structuur, waardoor ze minder buigzaam, brozer en ruwer zijn dan wit asbest.	[2b]
		Amosiet ('bruin asbest')	vezel: 1,5 - 4,0 (fibril: 0,1 - 0,2)	kristallijn		

[2a] Informatie aangeleverd door ECFIA (persoonlijke communicatie - Maart 2015)

[2b] Gezondheidsraad 2010. Asbest - Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Nr. 2010/10, Den Haag, 03 juni 2010

Tabel 3 Biopersistentie van vezels: oplosbaarheid in longvloeistof en verblijftijd in longen

Vezel-categorie		Type vezel / wol	Oplosbaarheid van vezels in longvloeistof		Verblijftijd van vezels in rattenlongen - halfwaardetijd (van vezels langer 20 µm)			
			in vitro flow through systeem, pH 7.4	bron	na inhalatie	bron	na intra-tracheale toediening	bron
Man Made Mineral Fibres	"Lage temperatuur isolatie wol"	Glaswol	70-300 ng/cm ² /h	[3d]	2- 11 dagen (e-glas: 80 dagen)	[3d]	15 dagen (3-38)	[3a]
		Steenwol	17-29 ng/cm ² /h	[3d]	5-63 dagen	[3d]	41 dagen (12-196)	[3a]
	Hoge Temperatuur isolatie Wol	Alumino-Silicate-Wol / 'keramische vezel' (ASW / RCF)	1 -10 ng/cm ² /h	[3b, 3c]	53 dagen	[3d]	267 dagen	[3d]
		Alkaline-Earth Silicate-Wol (AES)	100-255 ng/cm ² /h	[3d]	< 10 dagen	[3d]	26 dagen	[3d]
		Polycrystalline wol (PCW)	geen gegevens					
Asbest	Serpenti- tijn	Chrysotiel ('wit asbest')	< 1 - 2 ng/cm ² /h	[3c]	geen gegevens	-		
		Amfibool						
		Crocidoliet ('blauw asbest')	< 0,3 ng/cm ² /h	[3d]	817 days	[3b]		
	Amosiet ('bruin asbest')	1,3 ng/cm ² /h	[3d]	418 days	[3b]			

- [3a] Belmann B, Schaeffer HA, Muhle H. Impact of variations in the chemical composition of vitreous mineral fibers on biopersistence in rat lungs and consequences for regulation. *Inhalation Toxicology*, 22(10):817-827, 2010
- [3b] Hesterberg TW, Hart GA. Lung biopersistence and in vitro dissolution rate predict the pathogenic potential of synthetic vitreous fibers. *Inhalation Toxicology*, 12(Supplement 3): 91-97, 2000
- [3c] Health Council of The Netherlands - Refractory ceramic fibres - Evaluation of the carcinogenicity and genotoxicity. The Hague, november 2011
- [3d] Maxim LD, Hadley JG, Potter RM. The role of fiber durability/biopersistence of silica-based synthetic vitreous fibers and their influence on toxicology. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 46:42-62, 2006

agressieve kankersoort. Patiënten overlijden vaak binnen enkele maanden na de diagnose. Het type asbestvezel blijkt sterk bepalend voor de carcinogene potentie. De amfibool-asbestvezels (bruin en met name blauw asbest) beschouwt men als aanzienlijk gevaarlijker dan vezels van wit asbest.

De Gezondheidsraad concludeert in 2010 op basis van een herevaluatie van de resultaten van een aantal streng voorgeselecteerde epidemiologische studies dat asbestvezels nog gevaarlijker zijn dan tot dan toe werd aangenomen. Zij adviseert om de grenswaarden voor zowel de werkplek als het milieu aanzienlijk te verlagen (Gezondheidsraad, 2010). Voor wit asbest in de werkatmosfeer wordt 0,002 vezels/cm³ geadviseerd, voor blauw en bruin asbest 0,00042 vezels /cm³. Het gaat in beide gevallen om een forse aanscherping van de Nederlandse werkplekgrenswaarde. De Nederlandse grenswaarde voor asbest bedraagt op dat moment voor zowel wit, bruin als blauw asbest 0,01 vezels/cm³. Op basis van dit Gezondheidsraadadvies is de grenswaarde voor zowel wit, bruin als blauw asbest asbestvezels in Nederland inmiddels aangescherpt tot 0,002 vezels/cm³ (≈ 2000 vezels/m³). De bedoeling is dat op termijn de grenswaarde voor bruin en blauw asbest in Nederland verder wordt verlaagd naar 0,00030 vezels/cm³(≈ 300 vezels/m³).

Deze laatste grenswaarde wordt daarmee iets lager dan oorspronkelijk geadviseerd door de Gezondheidsraad.

Daarmee zullen de grenswaarden voor blootstelling op de werkplek en voor milieublootstelling gelijk getrokken worden. In de praktijk doen zich namelijk veel overgangssituaties voor tussen milieu- en werkpleksituaties en daardoor kon onduidelijkheid over te hanteren normen ontstaan. In meettechnische zin zijn de waarden van 300 respectievelijk 420 vezels/m³ overigens nauwelijks significant verschillend door de relatief grote meetonzekerheid (bron: Brief van Minister L. Asscher aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal over aanscherping grenswaarden asbest, 21 jan 2014).

Een overzicht van de grenswaarden voor asbestvezels is opgenomen in tabel 4.

De Gezondheidsraad komt eveneens tot de conclusie dat er waarschijnlijk geen veilige drempelwaarde is voor de carcinogene effecten als gevolg van blootstelling aan asbestvezels. Om deze reden wordt In juridische procedures over schadeclaims regelmatig geschermd met de zogenaamde "één vezel theorie" die vooronderstelt dat één enkele vezel in staat is om een tumor te induceren. De meningen zijn hierover ook anno 2015 nog steeds verdeeld. Hodgson en Darnton (2000) concluderen op basis van een zogenaamde meta-studie, waarin de gegevens van een groot aantal epidemiologische studies worden samengevoegd en geanalyseerd, dat het aantal mesothelioom gevallen in de groep werknemers met een relatief lange cumulatieve blootstelling aan wit asbest niet

Tabel 4 Grenswaarden voor vezels in de werkatmosfeer

Vezel-categorie		Type vezel / wol	Grenswaarden voor vezels in de werkatmosfeer (8-uurs tijdgewogen gemiddelde) [4a]		
			Nederland		EU (SCOEL)
Man Made Mineral Fibres	"Lage temperatuur isolatie wol"	Glaswol	tot 2007	2.000.000 vezels/m ³	1.000.000 vezels/m ³
		Steenwol	tot 2007	2.000.000 vezels/m ³	
	Hoge Temperatuur Isolatie Wol	Alumino-Silicate-Wol / 'keramische vezel' (ASW / RCF)	sinds 1998	500.000 vezels/m ³	300.000 vezels/m ³
		Alkaline-Earth Silicate-Wol (AES)	-	-	1.000.000 vezels/m ³
		Polycrystalline wol (PCW)	-	-	
Asbest	Serpentin	Chrysotiel ('wit asbest')	tot 1 Juli 2014	10.000 vezels/m ³	100.000 vezels/m ³ (sinds 2003)
			na 1 Juli 2014	2.000 vezels/m ³	
	Amfibool	Crocidoliet ('blauw asbest')	tot 1 Juli 2015	10.000 vezels/m ³	
		Amosiet ('bruin asbest')	na 1 Juli 2015	2.000 vezels/m ³ (op termijn: 300 vezels/m ³)	

Opmerking: Om een vergelijking met de zeer lage Nederlandse asbestgrenswaarden makkelijker te maken zijn de in de tabel gepresenteerd grenswaarden omgerekend naar het aantal vezels per m³. n.b.: 1 vezel/ml = 1 vezel/cm³ = 1.000.000 vezel/m³. De meest strenge grenswaarden zijn vet gedrukt.

[4a] SER- Database grenswaarden Stoffen op de Werkplek (GSW) - Sociaal Economische Raad, www.ser.nl

statistisch significant is verhoogd. Dit duidt er volgens de onderzoekers op dat er ook voor wit asbest een veilige drempelwaarde is. In een recente review concluderen Bernstein et al. (2013) dat er, net zoals bij andere inadembare deeltjes, bewijs is dat zware en langdurige blootstelling aan chrysotiel longkanker kan veroorzaken. Maar dat lage blootstelling aan chrysotiel geen aantoonbaar risico voor de gezondheid oplevert. In tegenstelling tot amfibole asbestvezels (blauw en bruin asbest) worden chrysotiel asbestvezels (wit asbest) relatief snel aangetast door het zure milieu in macrofagen en vallen relatief snel uiteen in kortere vezels. Inhalatie studies laten volgens Bernstein et al. zien dat chrysotielvezels, indien er geen sprake is van een zogenaamde *overload*, relatief snel uit de longen worden verwijderd, niet migreren naar de pleurale holte en geen fibrogene reacties initiëren. Dit in tegenstelling tot amfibole asbestvezels (Bernstein et al., 2013).

IARC en de EU classificeren asbest, ongeacht het type, als een Groep 1 Carcinogeen: kankerverwekkend voor de mens (IARC, 2012).

Grenswaarden

Een overzicht van de grenswaarden voor asbestvezels in de werkatmosfeer is opgenomen in tabel 5. Dit overzicht laat zien dat op basis van het Gezondheidsraadadvies de wettelijk grenswaarden voor witte asbestvezels in Nederland in de loop van 2014 sterk is verlaagd. Voor witte asbestvezels (chrysotiel asbest) wordt sinds 1 juli 2014 een grenswaarde van 2000 vezels/m³ gehanteerd. Naar verwachting wordt de grenswaarde voor bruine en blauw asbestvezels (amfibole asbestvezels) op

in de loop van 2015 eerst verlaagd naar 2000 vezels/m³. Zodra de stand der techniek het toestaat zal deze wettelijk grenswaarde voor bruine en blauw asbestvezels verder worden verlaagd naar 300 vezels/m³. Deze nieuwe Nederlandse asbestgrenswaarden zijn aanzienlijk strenger (50 tot 330 maal) dan de huidige Europese grenswaarde voor asbestvezels.

Blootstelling en risico's

Gebruik van asbest of asbesthoudende producten is in Nederland sinds 1993 per wet verboden. Werkgerelateerde blootstelling doet zich voornamelijk nog voor bij verwijdering van asbesthoudende materialen. Hiervoor zijn uitgebreide protocollen beschikbaar. Door de voorgestelde verlaging van de asbestgrenswaarden voor de werkatmosfeer zullen deze protocollen aanzienlijk moeten worden aangescherpt. Het zal voor de asbestsaneerders een grote inspanning zijn om ook aan deze nieuw grenswaarden voor asbest te voldoen. Daarnaast valt het niet uit te sluiten dat werknemers in de installatiebranche en bouwsector ook nu nog worden blootgesteld aan asbest door de bewerking van materialen waarvan ze de samenstelling niet kennen maar die mogelijk wel asbest bevatten. Anno 2015 is er ook nog steeds sprake van een achtergrondconcentratie van asbestvezels in Nederlandse omgevingslucht. Deze bedraagt naar schatting 10-20 vezels/m³ (Gezondheidsraad, 2010). Dit is aanzienlijk lager dan de concentratie asbestvezels in de jaren '70 - '80 van de vorige eeuw. In die periode lag de concentratie asbestvezels in Nederlandse steden tussen de 1.000 en 10.000 vezels/m³ (RIVM, 1987). In vergelijking met de recente advieswaarden van de Gezondheidsraad (2.000 vezels/m³) waren dat destijds hoge concentraties.

De stedelijke omgevinglucht in de jaren '70 - '80 zou volgens de huidige inzichten zelfs niet geschikt zijn om in te werken zonder adequate adembescherming.

Ondanks het verbod en de stringente regelgeving voor verwijdering van asbest is het aantal mesothelioomslachtoffers in Nederland nog steeds erg hoog, circa 481 gevallen in 2013, waarvan het overgrote deel, 87%, mannen (gegevens Centraal Bureau voor de Statistiek). Ter vergelijking: het aantal dodelijke verkeersslachtoffers in Nederland in 2012 was 650 (gegevens Centraal Bureau voor de Statistiek). Ongeveer driekwart van de mesothelioompatiënten is op het moment dat de diagnose wordt gesteld boven de 65. Onderzoek van de Erasmus Universiteit Rotterdam uit het begin van deze eeuw voorspelde dat het aantal sterfgevallen als gevolg van maligne mesothelioom op zal lopen van 65 in 1969 en 265 in 1998 tot 490 in 2017. De cijfers van de Nederlandse Kankerregistratie laten zien dat deze piek al enkele jaren geleden is bereikt. Het totaal aantal sterfgevallen als gevolg van mesothelioom wordt in de periode 2000-2028 geschat op meer dan 12.000 mannen en 800 vrouwen (Segura e.a., 2003). Dit is exclusief het aantal slachtoffers door asbest gerelateerde longkanker. Het aantal sterftegevallen aan longkanker door blootstelling aan asbest is moeilijk in te schatten, aangezien longkanker niet exclusief door asbest wordt veroorzaakt. Schattingen geven aan dat jaarlijks ongeveer 12% minder gevallen aan longkanker zouden voorkomen als er geen blootstelling aan asbest had plaatsgevonden (Loon van et al, 1997). Dit grote aantal mesothelioom- en longkankerslachtoffers is de prijs die in Nederland wordt betaald voor het veelvuldig gebruik van asbest in de periode 1950-1990. De huidige werkgerelateerde asbestblootstelling en milieublootstelling zal naar verwachting in beperkte mate bijdragen aan het toekomstig aantal asbestslachtoffers in Nederland.

3. Man Made Mineral Fibres

'*Man made mineral fibres*' (MMMMF) zijn industrieel vervaardigde minerale vezels. De meest bekende zijn glaswolvezels, steenwolvezels, slakkenwolvezels en hoge temperatuur isolatie vezels (HITW) waaronder de zogenaamde keramische vezels (ASW/RCF). Volgens IARC (2002) bedroeg de totale wereldproductie van glas-, steen-, en slakkenwol circa 9 miljoen ton per jaar. Het overgrote deel hiervan wordt gebruikt voor warmte- en geluidsisolatie. De wereldproductie van keramische vezels (HTIW van het type ASW/RCF) is aanzienlijk lager, circa 150.000 ton per jaar en wordt voornamelijk toegepast als isolatiemateriaal voor processen die plaatsvinden bij hoge temperaturen (> 600°C). Al deze minerale vezels hebben als kenmerk dat ze glasachtig (amorf) zijn waardoor ze strak (in de breedterichting) afbreken, ze splijten dus niet in de lengterichting zoals asbest.

3.1 Glaswol- en steenwolvezels

Glaswolvezels worden gemaakt van gesmolten glas, steenwolvezels van gesmolten steen. Daarnaast bestaan

ook slakkenwolvezels die worden gemaakt van slakken, een restproduct van staalindustrie. Glaswol, steenwol en slakkenwol worden ook wel aangeduid als isolatiewol. Daartoe worden de vezels samengeperst tot dekens of plaatmateriaal. Hierbij wordt vaak een plakkerig bindmiddel (*phenolic binder*) gebruikt, waardoor emissies van vezels tijdens het aanbrengen van isolatiemateriaal worden beperkt.

Glaswolvezels hebben een diameter van 1-5 micrometer, steenwol- en slakkenwolvezels hebben een vergelijkbare diameter van 2-5 micrometer. Daarnaast zijn er glasvezels voor speciale toepassingen (zogenaamde *special purpose fibres*, *SPF*) met een kleine diameter (0,1 – 3,0 µm). Deze vezelsoort wordt gebruikt in filtermedia en batterijen.

In vergelijking met steenwol bevat glaswol meer siliciumoxide, maar minder aluminiumoxide (tabel 3). Glaswol lost sneller op in longvloeistof dan steenwol en heeft gemiddeld genomen een kortere halfwaardetijd in longen van proefdieren, zowel na inhalatie als na intratracheale toediening (tabel 4). De halfwaardetijd in longen varieert voor deze vezels van enkele dagen tot enkele tientallen dagen. Ter vergelijking: de halfwaardetijd van amfibole vezels bedraagt circa 400 dagen (bruin asbest) tot 800 dagen (blauw asbest).

Gebruik

Glaswol en steenwol worden veel toegepast als warmte-isolatiemateriaal in gebouwen. Steenwol kan hogere temperaturen verdragen dan glaswol (maximaal 800 °C versus 250 °C; zie tabel 1), waarbij wordt opgemerkt dat het bindmiddel in de vezelplaten bij temperaturen boven de 400 °C begint te verdampen. Ook worden deze materialen gebruikt voor geluidsisolatie. Glasvezels vinden tevens hun toepassing in glasvezelbehang, als versteviging in kunststoffen en worden tegenwoordig ook toegepast in kabels voor internet en digitale telefonie. Naar schatting wordt in de EU jaarlijks ongeveer 3 miljoen ton aan glas- en steenwol geproduceerd (tabel 5).

Gevaar

Bij huidcontact kan irritatie ontstaan doordat de vezels in de huid prikken. Glasvezels zijn scherper dan steenwolvezels. Het betreft met name de handen, onderarmen en het gezicht. De huidirritatie, bestaande uit kleine rode bultjes en jeuk verdwijnt snel na beëindiging van de blootstelling. Langdurige huidblootstelling kan leiden tot een droge rode huid met blaren en kloven. Vezels in de ogen irriteren ook, maar voor zover bekend resulteert dat niet tot blijvend oogletsel (Van der Haar, 1998).

Inhalatie van respirabele isolatiewolvezels kan irritatie, ontstekingen en longfibrose veroorzaken. Op basis van resultaten van talrijke proefdierstudies wordt de mechanistische link tussen ontstekingsreacties, fibrose en kanker beschouwd als een plausibel biologische mechanisme voor de ontwikkeling van longcarcinomen door vezels.

Tabel 5 Toepassingstemperatuur van de verschillende soorten vezels en schatting van het gebruik in de EU

Vezel-categorie	Type vezel/wol	Toepassingstemperatuur (in °C)		Smelt temperatuur	bron	Geschatte geproduceerde hoeveelheid in EU in 2009 [5d]		
		typisch	range			tonnes	in % van totaal	
Man Made Mineral Fibres	"Lage temperatuur isolatie wol"	Glaswol	Omgevings-temperatuur	Ambient tot 250 °C	[5a]	2.900.000	98,8%	
		Steenwol	Omgevings-temperatuur	Ambient tot 800°C				< 1600° C
	Hoge Temperatuur Isolatie Wol	Alumino-Silicate-Wol / 'Keramische vezel' (ASW / RCF)	1100 °C	600 - 1400 °C	1600 - 1720°C	[5b]	24.000	0,81%
		Alkaline-Earth Silicate-Wol (AES)	900 °C	500 - 1200 °C	< 1400 - 1600 °C		22.000	0,75%
		Polycrystalline wol (PCW)	1400 °C	1000 - 1800 °C	2050 °C		4.000	0,01%
Asbest	Serpentijn	Chrysotiel ('wit asbest')	Omgevings-temperatuur	Ambient tot 700°C	[5c]	0	0%	
		Crocidoliet ('blauw asbest')	Omgevings-temperatuur	Ambient tot 700°C				600-900 °C
	Amfibolen	Amosiet ('bruin asbest')	Omgevings-temperatuur	Ambient tto 700°C				800 °C

[5a] Wikipedia

[5b] European Standard prEN 1094-1. Insulating refractory products - terminology, classification and methods of test for high temperature insulation wool products - CEN, Brussels, January 2008

[5c] Gezondheidsraad 2010. Asbest - Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Nr. 2010/10, Den Haag, 03 juni 2010

[5d] Informatie aangeleverd door ECFIA

Daarom is er ook ten aanzien van glas- en steenwol veel onderzoek gedaan naar de mogelijke genotoxische eigenschappen.

In 1995 heeft de Dutch Expert Committee on Occupational Safety (DECOS, 1995) de studies naar de schadelijke effecten van man made mineral fibres (MMMMF), en dus ook glas-, steen- en slakkenwolvezels geëvalueerd (DECOS, 1995). De resultaten van studies van na 1995 zijn recentelijk in 2012 in Europees verband beoordeeld (SCOEL, 2012).

DECOS komt in 1995 tot de conclusie dat glas-, steen- en slakkenwol niet kankerverwekkend zijn. Zij beschouwt irritatie en ontstekingsreacties in de luchtwegen als het kritische effect van zowel glaswol-, steenwol-, als slakkenwolvezels. Het laagste *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL) van deze effecten is waargenomen bij inhalatie studies met steenwol: 33 inhaleerbare vezels/cm³. Uitgaande van een veiligheidsfactor van 10 adviseerde DECOS in 1995 een werkplekgrenswaarde van 3 vezels/cm³.

SCOEL concludeert in 2012 dat ook meer recente studies geen overtuigende aanwijzingen geven voor carcinogeniteit. In chronische inhalatie studies met ratten werd geen toename van tumoren vastgesteld. Recente evaluaties van resultaten van epidemiologische studies bij werknemers

blootgesteld aan steenwol en glaswol ondersteunen de bevindingen van de proefdierstudies (Lipworth et al., 2009; NTP, 2010). SCOEL citeert in dit verband de conclusies van Lipworth et al.: *"Despite a small elevation of the RR for lung cancer among MMVF production workers, the lack of excess risk among end users, the absence of any dose-risk relation, the likelihood of detection bias, and the potential for residual confounding by smoking and asbestos exposure argue against a carcinogenic effect of MMVF, rock wool, or glass wool at this time. Similar conclusions apply to head and neck cancer"*.

Dit wordt ondersteund door een nog recentere publicatie van Marsh et al. uit 2011. Deze onderzoekers komen op basis van een evaluatie van de meest recente epidemiologische gegevens tot de conclusie dat er geen consistent bewijs is voor een toename van luchtwegtumoren in relatie tot blootstelling aan glaswol.

Dit betekent overigens niet dat deze vezelsoorten in *in-vitro* testsystemen (gekweekte cellen van ratten en mensen) niet in staat zijn tot het induceren van genotoxische effecten, zoals chromosomale aberraties, deleties, micronucleï en aneuploidie. Door vezels geactiveerde macrofagen en andere ontstekingscellen vormen zogenaamde *Reactive Oxygen Species* (ROS) die mogelijk een rol spelen in DNA en chromosoombreuken.

Sinds 2001 classificeert IARC glaswol-, steenwol- en slakkenwolvezels als groep 3: niet classificeerbaar als carcinogeen voor de mens.

Ook de meer recente studies laten volgens SCOEL zien dat ontstekingsreacties het kritische effect zijn van zowel glaswol-, steenwol-, als slakkenwolvezels. De meer recente inhalatiestudies met proefdieren laten echter iets lagere NOAELs zien dan de NOAELs die door DECOS in 1995 werden gerapporteerd: tussen 25 en 30 vezels/cm³. Voor glaswolvezels is zowel bij ratten als bij hamsters een *Lowest Adverse Effect Level* (LOAEL) vastgesteld van 25 vezels/cm³.

Grenswaarden

De werkplekgrenswaarde voor glaswol en steenwol was in Nederland tot 2007 vastgesteld op 2 vezels/cm³ als 8-uurs tijdgewogen gemiddelde. Dit is equivalent met 2.000.000 vezels/m³ (8-uurs tgg). Sinds de stelselwijziging zijn deze stoffen van de grenswaardenlijst gehaald omdat zij niet voldoen aan de criteria van stoffen waarvoor de Nederlandse overheid een wettelijke grenswaarde opstelt (zeer gevaarlijke stoffen of stoffen die ongewild vrijkomen). SCOEL adviseert in 2012 op basis van een veiligheidsfactor van 10 (voor NOAELs) en 20 (voor LOAELs) voor zowel glaswol-, steenwol-, als slakkenwolvezels een werkplekgrenswaarde van 1 vezel/cm³ ofwel 1.000.000 vezels/m³.

3.2 Hoge Temperatuur Isolatie Wol (HTIW) waaronder keramische vezels

Met "keramische vezels" wordt vaak de hele groep van de zogenaamde Hoge Temperatuur Isolatie Wolsoorten (HTIW) bedoeld. Dit leidt nog al eens tot verwarring omdat er verschillende HTIW zijn die verschillen qua toepassing, morfologie, chemische samenstelling en gevaar. De belangrijkste typen zijn *Alumino Silicate Wool* (ASW/RCF), ook wel 'refractory ceramic fibre' of keramische vezel genoemd, *Akaline Earth-Silicate Wool* (AES) en *Poly Crystalline Wool* (PCW).

Vezels van het type ASW/RCF zijn amorfe synthetische vezels die worden gemaakt van kaolienklei of door het smelten van aluminiumoxide (Al₂O₃) en siliciumdioxide (SiO₂) bij ongeveer 2000 °C. In Europa wordt voornamelijk de laatst genoemde productiewijze gevolgd. Oxides zoals zirconiumoxide (ZrO₂) kunnen ook worden toegevoegd. AES wordt geproduceerd door het smelten van magnesium oxide (MgO), calciumoxide (CaO) en siliciumdioxide (SiO₂). Het smeltproduct wordt geblazen of gesponnen tot vezels. De meeste HTIW worden vervaardigd in de vorm van dekens die vervolgens verwerkt kunnen worden in pakketten van samengepakte dekens/lamellen.

Qua morfologie is het van belang dat ASW/RCF en AES glasachtige (amorfe) vezels zijn, terwijl PCW een (poly) kristallijne structuur heeft en dus, net zoals de meeste metalen en keramische materialen, is opgebouwd uit kristallen. Ook qua dikte zijn er verschillen: ASW/RCF en AES hebben een gemiddelde vezeldikte van 2 tot 4 µm. PCW is een wat dikkere vezel: 3 tot 7 µm (tabel 2).

De chemische samenstelling van deze verschillende soorten HTIW's is opgenomen in tabel 3. ASW/RCF bestaat voornamelijk uit SiO₂ en Al₂O₃ in vergelijkbare percentages². AES bestaat eveneens voor een groot deel uit SiO₂ maar het merendeel van Al₂O₃ is vervangen door CaO en MgO en lijkt daarmee veel op glas- en steenwol. PCW bestaat voornamelijk uit Al₂O₃ (> 95 %) en SiO₂ (3-5 %). In de zogenaamde mulliet vorm bevat PCW relatief meer SiO₂ (20-30 %), maar nog altijd veel Al₂O₃ (70-80 %).

ASW/RCF lost minder snel op in longvloeistof dan glas- en/of steenwol en heeft gemiddeld genomen een langere halfwaardetijd in longen van proefdieren, zowel na inhalatie als na intratracheale toediening (tabel 4). In vergelijking met asbestvezels is de biopersistentie van ASW/RCF echter aanzienlijk gunstiger: de halfwaardetijd in longen na inhalatie bedraagt voor ASW/RCF circa 53 dagen terwijl de halfwaardetijd van amfibolen vezels circa 400 (bruin asbest) tot 800 dagen (blauw asbest) bedraagt.

De "lower biopersistence" vezels van het type AES lossen ongeveer even snel op in longvloeistof als glaswolvezels. Ook de halfwaardetijd van AES-vezels in longen van proefdieren, zowel na inhalatie als na intratracheale toediening is vergelijkbaar met glas- en steenwolvezels. Gegevens over de biopersistentie van PCW ontbreken.

Gebruik

HTIW worden toegepast als isolatiemateriaal voor industriële processen die plaatsvinden bij hoge temperaturen. Voorbeelden van toepassingen zijn vuurvaste ovenbekledingen³, brandwerende isolatie, isolatie van boilers en petro-chemische fornuizen en in roetfilters voor auto's.

Een typische temperatuur waarbij HTIW worden toegepast ligt tussen de 1000 – 1600 °C. Waarbij de Polycrystalline wool (PCW) de hoogste temperatuur kan verdragen. Ter vergelijking: glas- en steenwol worden toegepast bij temperaturen onder de 700-800 °C en veelal bij omgevingstemperatuur. Asbest werd gebruikt bij temperaturen tot maximaal 800-900 °C. HTIW vezels kunnen dus aanzienlijk hogere temperaturen weerstaan dan glaswol, steenwol en zelfs asbest (tabel 1).

ECFIA⁴, de Europese brancheorganisatie van producenten van HTIW, schat dat in Europa op jaarbasis ca. 50.000 ton

² Alumino silicaat wol (ASW) kent twee varianten: alumino-silicate-wool en alumino-zirconium-silicate-wool.

³ door de lage soortelijke massa van HTIW (130-240 kg/m³), de lage warmte accumulatie en de hoge isolatiewaarde resulteren deze oven bekledingen in een forse energie- en CO₂-reductie.

⁴ European Ceramic Fibre Industry Association - ECFIA

van deze wol/vezelsoorten wordt geproduceerd (gegevens van 2009, zie tabel 1). Ongeveer de helft daarvan betreft vezels van het type ASW/RCF, 40% van het type AES en circa 10% van het type PCW. De geproduceerde hoeveelheid HTIW is slechts een fractie, ongeveer 1,6%, van de totale hoeveelheid aan *Man Made Mineral Fibres* die in Europa wordt toegepast.

Gevaar

Respirabele isolatiewolvezels kunnen tot irritatie van de luchtwegen leiden. Huidcontact met isolatiewolvezels kan resulteren in mechanische huidirritatie. Dat geldt ook voor HTIW-vezels. De grootste zorg echter gaat uit naar de mogelijke genotoxische effecten en of HTIW-vezels, met name van het type ASW/RCF, het erfelijk materiaal direct aantasten en zo kanker doen ontstaan, of dat er sprake is van een indirecte route. Dat onderscheid is in de toxicologie belangrijk omdat er in het laatste geval een drempelwaarde wordt verondersteld waaronder de betreffende stof onschadelijk is. Veroorzaakt een stof direct DNA-schade, dan is er geen drempel en heeft elk rondzwevende vezel de potentie om een tumor te veroorzaken. De laatste decennia is er veel onderzoek verricht naar de genotoxiciteit van ASW/RCF.

De resultaten van deze onderzoeken zijn vrij recent zowel in Europees verband (SCOEL, 2011) als door DECOS, een subcommissie van de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad, 2011), geëvalueerd. DECOS heeft in 1995 ook een grenswaarde voor 'keramische vezels' afgeleid. Het is goed om te beseffen dat deze rapporten zich beperken tot één type HTIW-vezel, namelijk de *alumino silicate wools* (ASW/RCF). Omdat de term 'keramische vezels' vaak voor de hele groep van HTIW-vezels wordt gebruikt zou de indruk kunnen ontstaan dat HTIW-vezels allemaal even gevaarlijk zijn. Dat is niet zo.

Op basis van haar uitgebreide review in 2011 komt de werkgroep Classificatie van Carcinogene stoffen van DECOS tot de conclusie dat HTIW van het type ASW/RCF moet worden beschouwd als een categorie 1B carcinogeen: „*the substance is presumed to be carcinogenic to man*“⁵. Zij baseert haar oordeel op experimenten met proefdieren (ratten en hamsters). Epidemiologische studies laten geen toename van kanker of fibrose zien. Volgens de Gezondheidsraad is het aannemelijk dat de waargenomen carcinogene effecten in de luchtwegen ontstaan als gevolg van chronisch ontstekingsreacties en dat de vezels werken via een niet-genotoxisch mechanisme. Dit betekent dat er sprake is van een drempelwaarde en dat er een veilig niveau van blootstelling bestaat waarbij deze ernstige effecten zich niet voordoen.

Al in 1995 heeft de Dutch Expert Committee on Occupational Safety (DECOS) een zogenaamde *Health Based*

Recommended Occupational Exposure Limit (HBR-OEL) afgeleid. Omdat er toen nog geen duidelijkheid bestond over het werkingsmechanisme heeft de commissie beide mogelijkheden (niet-genotoxisch en genotoxisch werkingsmechanisme) doorgerekend met een vergelijkbaar resultaat: 1 vezel/ml als 8 uren tijdgewogen gemiddelde. Uitgaande van een niet-genotoxisch werkingsmechanisme is deze waarde gebaseerd op een *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL) van 25 vezels/cm³ en een veiligheidsfactor van 25 die volgens DECOS rekening houdt met de ernst van het kritische effect (kanker).

Overigens is voorzichtigheid geboden bij de interpretatie van de resultaten van de experimenten met keramische vezels (van het type ASW/RCF) in ratten en hamsters, waarbij tumoren en fibrose zijn vastgesteld. Het betreft onder andere de experimenten uitgevoerd door Davis et al. (1984) en Smith et al. (1987). Er zijn sterke aanwijzingen dat bij deze experimenten sprake was van een zogenaamde '*lung overload*'. Een *lung overload* kan, ongeacht het type vezel, resulteren in vertraagde verwijdering van de vezels uit de longen, meer ontstekingsreacties en de vorming van tumoren. Bovendien bevatte het ASW/RCF materiaal waaraan de proefdieren werden blootgesteld volgens de onderzoekers te veel deeltjes in relatie tot het aantal vezels (Utell and Maxim, 2010).

Greim et al. (2014) concluderen op basis van (i) analogieën tussen steenwol en keramische vezels van het type ASW/RCF met betrekking tot morfologie en biopersistentie en (ii) beschikbare epidemiologische gegevens over steenwol, dat het niet waarschijnlijk is dat er zich een toename van longkanker of mesothelioom zal voordoen bij werknemers die zijn blootgesteld aan keramische vezels (ASW/RCF). In een recente review van epidemiologische gegevens over synthetische glasachtige vezels (*synthetic vitreous fibers*; omvat niet alleen glas- en steenwol maar ook keramische vezels van het type ASW/RCF) uitgevoerd door Bofetta et al. (2014) concluderen de onderzoekers dat synthetische glasachtige vezels geen mesothelioom veroorzaken. En dat dit consistent is met de toxicologische kenmerken (lage biopersistentie) van deze vezels.

Ook in Europees verband zijn in 2011 de gevaren van 'keramische vezels', wederom van het type ASW/RCF, beoordeeld. Ook de *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* (SCOEL) komt tot de conclusie dat de genotoxische effecten zoals waargenomen in verschillende proefdierstudies 'secundair' zijn en classificeren 'keramische vezels' (ASW/RCF) als een SCOEL Carcinogen Group C: "*Genotoxic carcinogens for which a practical threshold is supported.*" Bij werknemers die hun blootstelling hebben ondergaan vóór 1980 werd een toename waargenomen van luchtwegklachten zoals kortademigheid, chronische

⁵ In richtlijn 1272/2008 van de Europese Unie, die op 20 Januari 2009 van kracht werd is bij keramische minerale vezels gemeld dat "indeling als kankerverwekkend niet noodzakelijk is voor vezels waarvan de lengte gewogen meetkundige gemiddelde diameter, minus tweemaal de meetkundige standaardfout, groter is dan 6 µm". De Gezondheidsraad ondersteunt dit standpunt.

⁶ conform de criteria zoals verwoord in nota Q van de op 5 december 1997 geamendeerde EU directive 67/548/EEC.

hoest, luchtwegirritatie en afname van de longfunctie. In studies bij werknemers met blootstelling in de periode van eind jaren '80 tot 2004, werden deze luchtwegeffecten niet meer waargenomen. Uit deze laatste studies leidt SCOEL een NOAEL af van 147,9 vezel-maanden/ml (gemiddelde cumulatieve blootstelling bij alle werknemers in de hoogste blootstellingsgroep zonder luchtwegklachten) en 184,8 vezel-maanden/ml (cumulatieve blootstelling bij alleen de werknemers van 60 jaar in deze groep). Uitgaande van 45 jaar blootstelling is dit equivalent aan een NOAEL van respectievelijk 0,27 and 0,34 vezels/cm³ als 8-uurs tgg.

Mede door de voortschrijdende inzichten omtrent de toxiciteit en de classificatie van ASW/RCF als carcinogeen, zijn in de jaren '80 nieuwe vezels ontwikkeld die minder schadelijk zijn maar toch bestand zijn tegen hoge temperaturen, zoals vezels van het type AES (*akaline earth-silicate wool*). Dit type vezel wordt gekenmerkt door een relatief gunstige oplosbaarheid in longvloeistof en een relatief korte verblijftijd in de longen na inhalatie die vergelijkbaar is met glas- en steenwolvezels (tabel 4). Vezels van het type AES blijken in experimentele testsystemen minimale effecten te weeg te brengen (Brown and Harrison, 2012). PCW-vezels zijn uitgebreid getest in experimenten met ratten. Zelfs na langdurige inhalatie en intrapleurale injecties resulteren PCW-vezels niet in verhoogde incidentie van longtumoren of mesothelioom (Pigott et al. 1981; Pigott and Ishmael 1992).

HTIW-vezels van het type ASW/RCF worden in de EU geassocieerd als Categorie 2 (onder CLP betreft het categorie 1B): *waarschijnlijk kankerverwekkend voor de mens*. Vezels van het type AES zijn vrijgesteld van carcinogeniteitsclassificatie op basis van de beschikbare gegevens over biopersistentie en/of toxiciteit⁶. PCW is niet geassocieerd onder het Europese classificatie systeem CLP.

Grenswaarden

In Nederland geldt sinds 1998 een wettelijke werkplekgrenswaarde voor HTIW van het type ASW/RCF van 0,5 vezel/cm³ (respirabel, 8-uurs tgg). Deze waarde is hetzelfde als de grenswaarde zoals die in de Verenigde Staten wordt gehanteerd, en iets minder streng dan de in 2011 door SCOEL voorgestelde grenswaarde van 0,3 vezels/cm³ (tabel 5). Tussen de landen van Europa bestaan grote verschillen: de werkplekgrenswaarde voor deze HTIW-vezel (ASW/RCF) varieert van 0,1 vezels/cm³ in Noorwegen en Frankrijk tot 1 vezels/cm³ in het Verenigd Koninkrijk en Denemarken (IOM, 2011). Voor *Man Made Mineral Fibres* (MMMMF), waarvoor geen aanwijzingen zijn voor eventuele kankerverwekkende eigenschappen, adviseert SCOEL een werkplekgrenswaarde van 1 vezel/cm³ (SCOEL, 2012). Op basis van de lage biopersistentie en/of op basis van de beschikbare carcinogeniteitsstudies wordt voor de HTIW-vezel van het type AES en PCW een grenswaarde van 1 vezel/cm³ aanbevolen.

3.3 Blootstelling en risico's

Tijdens de productie, het gebruik en verwijdering van minerale vezelproducten kunnen in de lucht respirabele vezels vrijkomen. Volgens een evaluatie van IARC uit 2002 zal de werkdagblootstelling als een 8 -uur tijdgewogen gemiddelde tegenwoordig over het algemeen lager zijn dan 0,5 vezels/cm³. Hogere niveaus zijn gemeten in de productie van special purpose glasvezels en vezels van het type ASW/RCF, bij het aanbrengen van isolatie van losse vezels zonder bindmiddel, en bij het verwijderen van het isolatiemateriaal. De concentraties van kunstmatige minerale vezels in de omgevingslucht (zowel buitenlucht als in huizen/gebouwen) zijn veel lager dan in de beroepsmatige setting (IARC, 2002).

Glas- en steenwol

In Nederland zijn eind jaren '90 metingen gedaan naar blootstelling aan respirabele vezels bij het aanbrengen en verwijderen van isolatiemateriaal gemaakt van glaswol en steenwol (Zock et al., 1999). Tijdens het aanbrengen van isolatiemateriaal was de gemiddelde blootstelling aan vezels 0,07 vezels/cm³ (0,01-0,23; n=28). Ook tijdens het verwijderen van glaswol of steenwol in de bouw lag de blootstelling in deze orde van grootte, echter tijdens de volledige sloop van een woning werd incidenteel een concentratie boven de 1 vezel/cm³ gevonden. De blootstelling bij verwijdering van isolatiemateriaal in de industrie lag gemiddeld wat hoger met 0,38 vezels/cm³ (0,01-1,6 vezels/cm³, n=9). De hogere temperaturen waaraan het isolatiemateriaal daar heeft blootgestaan leiden waarschijnlijk tot meer stofvorming en daarmee tot een wat hogere blootstelling. Daarnaast spelen de ruwe werkmethode tijdens het verwijderen ook een rol, aldus de onderzoekers.

Tijdens het aanbrengen van glas- en steenwol zal de recentelijk door SCOEL voorgestelde grenswaarde van 1 vezel/cm³ normaal gesproken niet gehaald worden. Bij sloopwerkzaamheden kunnen hogere vezelconcentraties ontstaan, vooral als de glas- of steenwol oud is of stevig vast zit. Bij dergelijk werkzaamheden is adequate adembescherming nodig om irritatie en mogelijke ontstekingsreacties in de luchtwegen te voorkomen.

In 2009 telde Europa 71 fabrieken voor glas-, steen- en slakkenwol (Ecofys, 2009). De meeste fabrieken staan in Duitsland (11 fabrieken) gevolgd door Polen en Finland (elk 8 fabrieken). Gegevens over het aantal werknemers in de productie zijn niet beschikbaar in publieke rapporten, maar op basis van het aantal fabrieken zal het gaan om circa 5000 - 10.000 werknemers. Het aantal werknemers dat betrokken is bij de verwerking en/of verwijdering/sloop van glas- en steenwol zal daarvan een veelvoud zijn.

HTIW

Bij de productie van HTIW van het type ASW/RCF varieert de gemiddelde vezelconcentratie, afhankelijk van de aard van de werkzaamheden, tussen de 0,1 en 0,2 vezels/cm³

(data uit 2008, Amerikaanse gegevens, n=268). In bedrijven waar de ASW/RCF materialen worden toegepast of verder worden verwerkt liggen de gemiddelde concentraties in de zelfde orde van grootte (tussen 0,1 en 0,2 vezels/cm³), behalve bij de afwerking (gemiddeld ca. 0,5 vezels/cm³) en bij de verwijdering (gemiddeld ca. 0,7 vezels/cm³). Ook hier betreft het metingen in Amerikaanse bedrijven uit 2008 (n=257) (Utell and Maxim, 2010). De blootstelling aan HTIW-vezels van het type AES is van vergelijkbare orde. Blootstelling aan respirabele PCW-vezels is gewoonlijk lager mede als gevolg van de grotere vezeldiameter. Verder wordt opgemerkt dat bij langdurige blootstelling aan temperaturen boven 850°C in de meeste vuurvaste stenen, beton en hoge temperatuursisolerende vezels kwarts (cristobaliet) wordt gevormd. Respirabel kristallijn kwarts is kankerverwekkend.

Volgens schattingen van de branchevereniging ECFIA worden in Europa in totaal 22.000 werknemers blootgesteld aan HTIW: circa 10.000 aan ASW/RCF en 12.000 aan AES en PCW. Van de 10.000 werknemers die mogelijk worden blootgesteld aan ASW/RCF werken er ca. 730 in de productie die plaats vindt in Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk. De overige werknemers zijn betrokken bij de verwerking, bewerking, montage en demontage en bij reparatie en onderhoud en werken in fabrieken verspreid over heel Europa (IOM, 2011).

4. Discussie en Conclusie

Respirabele vezels kunnen diep in de longen terecht komen en daar schade toebrengen. Een deeltje wordt een vezel genoemd als het niet dikker is dan 3 µm, minstens 5 µm lang is en een lengte-dikte verhouding heeft van minstens 3. De WHO beschouwt vezels als respirabel als de vezels een mediane dikte hebben die kleiner of gelijk is aan 3 µm.

De mechanistische link tussen ontstekingsreacties, fibrose en kanker wordt algemeen gezien als een plausibel biologisch mechanisme voor de ontwikkeling van longkanker door vezels. Als ontstekingsreacties worden voorkomen zal er dus ook geen fibrose of longkanker ontstaan. Dit geldt zowel voor glaswol, steenwol, HTIW als voor asbestvezels. Het ontstaan van kanker als gevolg van ontstekingsreacties wordt gezien als een niet-genotoxische mechanisme, waarbij dus sprake is van een veilige drempelwaarde.

Asbestvezels worden er tevens van verdacht dat ze daarnaast ook rechtstreeks het DNA kunnen beschadigen door de vorming van reactieve zuurstofradicalen, mogelijk als gevolg van het relatief hoge ijzergehalte. Dit is niet aangetoond bij glaswol, steenwol en HTIW-vezels van het type ASW/RCF (Gezondheidsraad, 2011).

De schadelijkheid van een respirabele vezel wordt bepaald door de dimensies, zowel dikte als lengte, en de verblijftijd van een vezel in de longen, ook wel biopersistentie genoemd. De chemische samenstelling lijkt minder belangrijk.

Blauwe en bruine asbestvezels zijn veruit het meest toxisch voor de longen, met stip gevolgd door witte asbestvezels. De schadelijkheid van glaswol, steenwol maar ook HTIW (ASW/RCF) blijkt beperkt. Uitgaande van de meest recente adviesgrenswaarden van deze vezelsoorten, verhoudt de schadelijkheid van deze vezels zich als volgt: (glaswol, steenwol, HTIW van het type AES en PCW): (HTIW van het type ASW/RCF) : (wit asbest) : (bruin asbest, blauw asbest) is als 1 : 3 : 500 : 2380.

Risico's voor werknemers doen zich voornamelijk voor bij het aanbrengen van losse isolatievezels (glaswol of steenwol), bij ruwe bewerking van isolatiemateriaal (zagen, schuren) en bij verwijdering van oude isolatiematerialen (ongeacht de vezelsoort). In geval van glaswol, steenwol en HTIW volstaat adequate adembescherming. Als het gaat om de verwijdering van asbest zijn veel stringenter maatregelen nodig om de blootstelling onder de grenswaarden te houden.

5. Dankwoord

Aad Weise (Insulcon BV) wordt vriendelijk bedankt voor het kritisch doornemen van het manuscript.

6. Literatuur

- Belmann B, Schaeffer HA, Muhle H., Impact of variations in the chemical composition of vitreous mineral fibers on biopersistence in rat lungs and consequences for regulation. *Inhalation Toxicology*, 22(10):817-827, 2010
- Boffetta P, Donaldson K, Moolgavkar S, and Mandel JS., A systemic review of occupational exposure to synthetic vitreous fibers and mesothelioma. *Crit Rev Toxicol*: 44(5):436-449, 2014
- Bernstein D, Dunningan J, Hesterberg T, Brown R et al., Health risk of chrysotile revisited. *Crit Rev Toxicol.*, 43(2):154-83, 2013
- Brown RC and Harrison PT, Alkaline earth silicate wools - A new generation of high temperature insulation. *Regul Toxicol Pharmacol.*, 64(2):296-304, 2012
- Davis JMG, Addison J, Bolton RE, Donaldson K, Jones AD, Wright A., The pathogenicity of fibrous ceramic aluminium silicate glass administered to rats by inhalation or peritoneal injection. In: *Biological effects of Man made Mineral Fibres. Vol 2. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe*, 203-322, 1984
- DECOS, Man made mineral fibers. Health-based Recommended Occupational Exposure Limits. Publ No 1995/O2WGD. DECOS - Dutch Expert Committee on Occupational Standards, Health Council of the Netherlands, The Hague, 1995
- Ecofys, 2009, Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012. Sector report for the mineral wool industry. Study ordered by European Commission, November 2009
- European Standard prEN 1094-1., Insulating refractory products - terminology, classification and methods of test for high temperature insulation wool products - CEN, Brussels, January 2008
- Gezondheidsraad, 2010, Asbest - Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Nr. 2010/10, Den Haag, 03 juni 2010
- Gezondheidsraad, 2011, Refractory ceramic fibres - Evaluation of the carcinogenicity and genotoxicity. Health Council of The Netherlands, The Hague, november 2011
- Greim H, Utell M, Daniel maxim L and Niebo R., Perspectives on refractory ceramic fiber (RCF) carcinogenicity: comparisons with other fibers. *Inhal Toxicol*: 26(13): 789-810, 2015
- HesterbergTW, Hart GA., Lungbiopersistence and in vitro dissolution rate predict the pathogenic potential of synthetic vitreous fibers. *Inhalation Toxicology*, 12(Supplement 3): 91-97, 2000

- IARC, 2002, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic Risks to Humans. Volume 81 Man-made Vitreous Fibres, Lyon, August 2002
- IARC, 2012, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts, Volume 100C A review of Human carcinogens. Lyon, August 2012
- IOM, Health, socio-economic and environmental aspects of possible amendments to the EU Directive on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens and mutagens at work - refractory Ceramic Fibres. Authors: Cherrie JW et al. IOM research project: P937/14, May 2011
- Lipworth L, La Vecchia C, Bosetti C, McLaughlin JK., Occupational exposure to rock wool and glass wool and risk of cancers in the lung and the head and neck: a systemic review and meta-analysis. *JOEM* 51, 1075-1087, 2009
- Loon AJ van, Kant IJ, Swaen GM, Goldbohm RA, Kremer AM, van den Brandt PA., Occupational exposure to carcinogens and risk of lung cancer: results from The Netherlands cohort study. *Occup Environ Med*; 54(11): 817-824, 1997
- Marsh GM, Buchanich JM and Younk AO, Fiber glass exposure and human respiratory system cancer risk: Lack of evidence persists since 2001 IARC re-evaluation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 60(1): 84-92, 2011
- Maxim LD, Hadley JG, Potter RM. The role of fiber durability/bio-persistence of silica-based synthetic vitreous fibers and their influence on toxicology. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 46:42-62, 2006
- NTP, National Toxicology Program. Draft Report on Carcinogens. Substance Profile for Glass Wool Fibers (Respirable) as a Class. Peer review-June 21-22, 2010
- Pigott GH Gaskell BA, Ishmael J., Effects of long term inhalation of alumina fibres in rats. *Br J Exp Pathol.*, Jun; 62(3):323-31, 1981
- Pigott GH, Ishmael J., The effects of intrapleural injections of alumina and aluminosilicate (ceramic) fibres. *Int J Exp Pathol.*, Apr; 73(2):137-46, 1992
- Reurs R.F., Macht en tegenmacht in de Nederlandse asbestregulering. Power and Countervailing Power in Dutch Asbestos regulations. Proefschrift. Boom Juridische Uitgevers, maart 2012.
- Segura O, Burdorf A, Looman C., Update of predictions of mortality from pleural mesothelioma in the Netherlands. *Occup Environ Med*; 60(1): 50-55, 2003
- SCOEL 2011., Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Refractory Ceramic fibres. SCOEL/SUM/165. European Commission. Employment, Social Affairs and Inclusion, 2011
- SCOEL, 2012, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for man made-mineral fibres (MMMMF) with no indication for carcinogenicity and not specified elsewhere. SCOEL/SUM/88, March 2012
- SER, Database grenswaarden Stoffen op de Werkplek (GSW) - Sociaal Economische Raad, www.ser.nl (maart 2015)
- Smith DM, Ortiz LW, Archuleta RF, Johnson NF., Long term health effects in hamsters and rats exposed chronically to man made vitreous fibers. *Ann. Occup. Hygg* 31:731-743, 1987
- U.S. Department of Health and Human Services., Eight Annual Report on Carcinogens: 1998 Summary. Editor: B. Leonard B, National Toxicology Program, USA, 1998
- USGS, U.S. Geological Survey. Mineral commodity summaries 2013: U.S. Geological Survey, 198 p, 2013
- Utell MJ and Maxim D., Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: A review. *Inhalation Toxicology*, 22(6): 500-521, 2010
- Van der Haar, R., Glas- en steenwol als isolatiemateriaal. Gezondheidsrisico's. Chemiewinkel, Onderzoeks- en adviescentrum Chemie Arbeid en Milieu. Universiteit van Amsterdam. Amsterdam, 1998
- Virta RL, Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003: U.S. Geological Survey Circular 1298, 80 p, 2006
- Zock JP, Van de Rijt S, Woltjer B, Lumens M, Spee T., Blootstelling aan respirabele minerale vezels tijdens het aanbrengen en verwijderen van isolatiemateriaal. *Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap* 10, 3: 32-36, 1999.