



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Het risico op kanker bij aanpassing van de toetswaarde voor de eindbeoordeling bij asbestsaneringen

RIVM-briefrapport 2019-0138
R. Beetstra



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Het risico op kanker bij aanpassing van de toetswaarde voor de eindbeoordeling bij asbestsaneringen

RIVM-briefrapport 2019-0138
R. Beetstra

Colofon

© RIVM 2019

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

DOI 10.21945/RIVM-2019-0138

R. Beetstra (auteur), RIVM

Contact:

Renske Beetstra

Centrum Veiligheid van Stoffen en Producten

Renske.Beetstra@RIVM.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van SZW in het kader van het Kenniscentrum Asbest

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Het risico op kanker bij aanpassing van de toetswaarde voor de eindbeoordeling bij asbestsaneringen

Asbest is een kankerverwekkende stof die in veel oudere huizen en andere gebouwen is gebruikt. Asbesthoudend materiaal moet daarom zorgvuldig en volgens wettelijke voorschriften worden verwijderd. Daarna wordt gecontroleerd of de ruimte weer veilig kan worden betreden door werknemers of terugkerende bewoners. Deze eindbeoordeling geeft aan of de concentratie asbest in de ruimte onder de toegestane hoeveelheid blijft.

Het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) wil het stelsel voor asbestsanering verbeteren. Een onderdeel van de verbetering is de eindbeoordeling. Uitgangspunt is dat de strengste eisen alleen worden gesteld als het nodig is.

Het RIVM heeft daarom verkend of het risico op kanker voor saneerders en omwonenden verandert bij een minder strenge eindbeoordeling. Daarvoor is het risico op kanker berekend met een 'soepelere' toetswaarde (maximaal 10.000 vezels in totaal per kubieke meter in plaats van 2000 vezels per kubieke meter). Het risico blijkt iets groter te worden maar blijft onder de gestelde streefwaarde. Dit geldt vooral voor saneerders die de afscherming rondom het asbest afbreken en daarna nog andere werkzaamheden verrichten in dezelfde ruimte. Voor andere werknemers en bewoners neemt het risico minder toe.

Dit onderzoek geeft nog geen volledig beeld van de blootstelling. Saneerders staan namelijk ook bij andere werkzaamheden bloot aan asbest. De werkgever moet beoordelen of de totale blootstelling aan asbest op een werkdag onder de grenswaarde blijft.

De eisen voor de eindbeoordeling zijn in het huidige Nederlandse stelsel afhankelijk van de risicoklasse van de sanering. Er zijn drie risicoklassen: 1 (er komen weinig vezels vrij bij de sanering), 2 (er komen zoveel vezels vrij dat beschermingsmaatregelen nodig zijn), en 2A (er komen vezels vrij van de gevaarlijkste soort asbest). De berekening in dit onderzoek geldt voor de strengste risicoklasse (2A). Hierbij wordt nu gemeten of de concentratie asbestvezels na de sanering onder de 2000 per kubieke meter blijft.

Kernwoorden: asbest, eindbeoordeling, risico

Synopsis

Cancer risk when adjusting the test values in the final assessment of asbestos remediation

Asbestos is a carcinogen used in many older houses and other buildings, the removal of which must be done carefully and according to legal requirements. Before workers or residents can safely re-enter a room, which has had its asbestos removed, a final assessment must be done to check whether the concentration of asbestos is below the permissible amount.

The Ministry of Social Affairs and Employment (SZW) wants to improve the legal framework underpinning asbestos remediation and the final assessment is one of the areas where such improvement may be possible. The basic premise of this process is that the most stringent requirements should only be set when necessary.

RIVM has, therefore, investigated whether the cancer risk for workers and residents changes when a less strict test value is applied during the final assessment. The cancer risk was calculated using a test value of 10,000 fibres/m³ instead of 2,000 fibres/m³; while this caused the risk to increase slightly, it remained below the 'target' risk level. Asbestos workers who remove the containment and then perform other activities in the room face the largest risk increase, other workers and residents face a smaller increase in risk.

However, people who remove asbestos can also be exposed to asbestos during other work activities. It is important, therefore, for any employer to assess whether the total exposure of workers to asbestos during the working day remains below the occupational exposure limit.

In the current Dutch system, the requirements for the final assessment depend on the risk class of the asbestos remediation. There are three risk classes: 1 (the concentration of fibres during remediation remains low), 2 (more fibres are released and risk management measures are necessary), and 2A (fibres of the most dangerous type of asbestos are released). This research examines risk associated with the highest class (2A), the current test value for which is 2000 fibres/m³.

Keywords: asbestos, final assessment, risk

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1 Inleiding – 11

2 Achtergrond en huidige situatie – 13

3 Vraagstelling – 15

4 Scenario's voor blootstelling – 17

5 Berekening van de blootstelling – 21

6 Berekening van het risico – 23

7 Discussie – 29

8 Conclusie – 35

9 Referenties – 37

10 Begrippen en afkortingen – 39

Bijlage 1: ventilatievoud en vezelconcentratie – 41

Bijlage 2: gevoeligheidsanalyse – 45

Samenvatting

Wanneer asbest verwijderd wordt is het belangrijk dat de ruimte daarna weer veilig betreden kan worden om het risico op kanker voor werknemers en bewoners zo veel mogelijk te beperken. Daarom vindt een eindbeoordeling (vrijgavemeting) plaats. In het huidige Nederlandse stelsel zijn de verplichtingen voor de eindbeoordeling gekoppeld aan de risicoklasse van de sanering. Bij werkzaamheden in risicoklasse 1 (saneringen met laag risico) gaat het alleen om een visuele inspectie. In risicoklasse 2 wordt de visuele inspectie aangevuld met luchtmetingen waarbij de concentratie vezels wordt bepaald met fase-contrast microscopie (FCM) en getoetst wordt aan een waarde van 10.000 vezels/m³. In klasse 2A (behoudens enkele uitzonderingen) wordt de concentratie vezels bepaald met scanning electron microscopy in combinatie met Röntgen micro-analyse en getoetst aan een waarde van 2000 asbestvezels/m³.

In dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van SZW onderzocht in hoeverre het risico zou toenemen indien de toetswaarde bij klasse 2A-saneringen verhoogd zou worden tot 10.000 vezels/m³. Hiertoe zijn zes scenario's opgesteld die plaats kunnen vinden na de eindbeoordeling: afbreken containment (2 scenario's), herstel- en vervolgwerkzaamheden (3 scenario's) en terugkeer bewoners. Voor ieder scenario is de blootstelling berekend, en door deze te vergelijken met de risicogetallen die zijn afgeleid door de Gezondheidsraad in 2010, is het risico op longkanker en mesothelioom bepaald.

Het risico om kanker te krijgen bij het werken volgens de opgestelde scenario's is het grootst voor saneerders die daarnaast ook zelf herstelwerkzaamheden uitvoeren, namelijk een kans van $0,284 \cdot 10^{-6}$ per jaar dat men deze werkzaamheden uitvoert. Dit is een toename van $0,227 \cdot 10^{-6}$ per jaar ten opzichte van de situatie waarbij de toetswaarde 2000 asbestvezels/m³ is. Het jaarlijks risico voor de opgestelde scenario's overschrijdt het streefrisiconiveau van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar niet. In combinatie met de risico's tijdens andere asbest-saneringswerkzaamheden is een overschrijding voor saneerders wel mogelijk. Voor andere werknemers die herstel- en vervolgwerkzaamheden uitvoeren en voor bewoners worden de streefrisiconiveaus niet overschreden. Zij hebben waarschijnlijk geen andere asbestblootstelling. De berekende risiconiveaus vormen een bovengrens van het werkelijke risiconiveau.

In de dagelijkse praktijk is de grenswaarde bindend, en niet het risiconiveau. Uit de berekeningen blijkt dat de daggemiddelde blootstelling van werknemers de grenswaarde zou kunnen overschrijden voor saneerders. Dit moet nader beoordeeld worden door de werkgever in de risicoinventarisatie en -evaluatie (RI&E) van het bedrijf, waarbij ook de andere werkzaamheden van saneerders meegewogen worden.

Bij een aanpassing van de toetswaarde moet ook duidelijkheid gegeven worden over de te gebruiken analysemethode, omdat FCM geen onderscheid maakt tussen verschillende soorten vezels. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat de meetmethode niet verandert, en de toetswaarde wordt verhoogd van 2000 naar 10.000 asbestvezels/m³.

1 Inleiding

In veel huizen en andere gebouwen die voor 1994 gebouwd zijn, is asbest verwerkt. Asbest is een kankerverwekkende stof, die onder andere mesotheliom en longkanker kan veroorzaken. De kans om ziek te worden hangt af van het aantal ingeademde vezels. Meestal treden effecten pas na tientallen jaren op. Wanneer geen vezels vrij kunnen komen, vormt asbest geen risico. Echter, wanneer asbesthoudende materialen bewerkt worden, kunnen vezels vrijkomen. Als daar aanleiding toe is, moet het asbest dan ook op deskundige wijze verwijderd worden. Hiervoor gelden de voorschriften uit het Arbobesluit.

Als asbest verwijderd is uit een woning, vinden vaak nog aanvullende werkzaamheden plaats. Het containment en andere materialen die gebruikt zijn bij de sanering moeten verwijderd worden, en vaak worden daarna herstelwerkzaamheden uitgevoerd (bijvoorbeeld het plaatsen van een nieuwe vensterbank of schilderwerkzaamheden). Soms keren de bewoners ook al snel na de sanering terug in hun huis. Om werknemers en bewoners te beschermen is het van belang dat de resterende concentratie asbest in de woning voldoende laag is. Na het saneren van asbest moet daarom een eindbeoordeling gedaan worden, waaruit blijkt of de ruimte weer veilig betreden kan worden.

In het kader van het risicogericht werken zoals beschreven door de Staatssecretaris in haar brief over het functioneren van het asbeststelsel van 27 september 2018¹, wordt ook de eindbeoordeling opnieuw gezien. De Staatssecretaris merkt op dat uit een rapport van TNO over de eindbeoordeling [Spaan et al., 2017] blijkt dat vraagtekens zijn te zetten bij de manier waarop de eindbeoordeling momenteel gebeurt. Verder beschrijft de Staatssecretaris dat de indruk bestaat dat in een aantal gevallen deze eindmeting onnodig streng is. Het is belangrijk om de kosten van asbestsanering beperkt te houden tot de kosten die noodzakelijk zijn om de veiligheid te waarborgen.

In dit rapport wordt daarom berekend of en zo ja hoeveel het risico op kanker toeneemt voor asbestsaneerders, andere werknemers en bewoners indien de toetswaarde van de eindmeting na asbestsaneringen in risicoklasse 2A verhoogd zou worden van 2000 naar 10.000 asbestvezels/m³.

¹ Beleidsreactie onderzoek functioneren asbeststelsel, zie https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2018Z17113&did=2018D46461

2 Achtergrond en huidige situatie

Er zijn twee soorten asbest: chrysotiel (wit asbest, ook wel serpentijnasbest) en amfibolen (alle andere soorten). Amfiboolvezels zijn schadelijker dan chrysotielvezels [Gezondheidsraad, 2010]. Daarom zijn de eisen strenger voor werkzaamheden waarbij amfiboolvezels kunnen vrijkomen boven de grenswaarde. De werkzaamheden met asbest worden ingedeeld in risicoklassen. Eenvoudige werkzaamheden, waarbij maar weinig vezels vrijkomen, vallen in risicoklasse 1. Werkzaamheden waarbij de vezelconcentratie boven de grenswaarde kan komen vallen in risicoklasse 2, en als de concentratie amfiboolvezels ook boven de grenswaarde komt vallen deze in risicoklasse 2A. Naarmate de klasse hoger wordt, moeten meer maatregelen genomen worden om werknemers en anderen te beschermen.

Ook de eindbeoordeling verschilt voor deze risicoklassen in het huidige stelsel. Bij een sanering in klasse 1 gaat het alleen om een visuele inspectie, waarbij beoordeeld wordt of zichtbare stukjes asbest zijn achtergebleven. In klasse 2 en 2A in een binnenruimte moet de visuele inspectie aangevuld worden met luchtmetingen en eventueel kleefmonsters. Na een sanering in klasse 2 is de toetswaarde voor deze eindmeting 10.000 vezels/m³; na een sanering in klasse 2A is de toetswaarde 2000 asbestvezels/m³. Reden voor het verschil is dat bij klasse 2A ook veel amfiboolvezels aanwezig zijn, die schadelijker zijn dan chrysotielvezels. Voor klasse 2A zijn enkele uitzonderingen aangewezen waarbij het risico beperkt is, zoals het verwijderen van kleine losliggende platen, het verwijderen van asbestcementleidingen (mits niet volledig in beton gestort) en het verwijderen van materiaal met niet meer dan 2% amfiboolasbest. In die gevallen mag ook getoetst worden aan de toetswaarde van 10.000 vezels/m³.

Uit de toelichting op het Arbobesluit en de norm [NEN, 2012] voor de eindbeoordeling² blijkt dat de verschillende toetswaarden gekoppeld zijn aan verschillende meetmethoden. Na een risicoklasse 2-sanering, en bij de uitzonderingen van klasse 2A, wordt de eindbeoordeling uitgevoerd door middel van een visuele inspectie en fase-contrast microscopie (FCM). In klasse 2A wordt gebruik gemaakt van Scanning Electron Microscopy (SEM) in combinatie met Röntgen micro-analyse (RMA). Hieronder gaan we nader op deze meetmethoden in.

Fase-contrast microscopie (lichtmicroscopie, FCM)

Na een asbestsanering in risicoklasse 2 wordt een eindbeoordeling gedaan waarbij de vezels geteld worden met behulp van fase-contrast microscopie (FCM). FCM maakt geen onderscheid tussen asbestvezels en andere vezels van vergelijkbare afmetingen. De detectielimiet bij gebruik volgens de huidige norm is ongeveer 5000 vezels/m³ [Tempelman et al., 2013]. Een detectielimiet lager dan 2000 vezels/m³ is niet haalbaar vanwege de natuurlijke achtergrondconcentratie van vezels (dit zijn niet alleen asbestvezels, maar ook bv textielvezels). Uit

²) Op het moment van schrijven is een nieuwe norm aangenomen maar nog niet formeel verschenen. De ontwerpnorm uit 2017 toonde geen verschillen ten aanzien van de gebruikte meetmethoden en toetswaarden.

nader onderzoek is gebleken dat bij toetsing aan een waarde van 10.000 vezels/m³ (*alle* vezels) de concentratie asbest slechts zelden de 2000 *asbest*vezels/m³ overschrijdt [Tromp en Tempelman, 2016]. Daarom is de toetswaarde na saneringen in risicoklasse 2 gelijk aan 10.000 vezels/m³, en niet aan de grenswaarde van 2000 asbestvezels/m³.

Scanning electron microscopy in combinatie met Röntgen micro-analyse (SEM/RMA)

Scanning electron microscopy (SEM) heeft een detectielimiet van 100 – 200 vezels/m³ en is daarmee veel nauwkeuriger dan FCM [Tempelman et al., 2013]. Door de combinatie met Röntgen micro-analyse (RMA) kan deze methode ook onderscheid maken tussen asbestvezels en andere vezels, en zelfs tussen de verschillende soorten asbestvezels. Daarom wordt deze methode ingezet na een sanering in risicoklasse 2A, waarbij het risico hoger kan zijn door de aanwezigheid van amfiboolvezels.

3 Vraagstelling

Wat is de toename van het risico op kanker voor saneerders, andere werknemers en bewoners van de gesaneerde locatie indien de toetswaarde bij de eindmeting na een sanering in risicoklasse 2A wordt aangepast naar 10.000 asbestvezels/m³ in plaats van 2000 asbestvezels/m³?

4 Scenario's voor blootstelling

Om het risico in te schatten moet eerst inzicht verkregen worden in de blootstelling die plaatsvindt. Daartoe is een aantal scenario's opgesteld met betrekking tot de werkzaamheden die plaatsvinden na de eindbeoordeling. Om inzicht te krijgen in deze werkzaamheden is overlegd met vertegenwoordigers van een aantal brancheorganisaties. De scenario's zijn zoveel mogelijk realistisch. Er is echter een aantal worst case aannames gedaan om te voorkomen dat het risico voor deze activiteiten onderschat wordt. Er wordt geen rekening gehouden met de blootstelling aan asbestvezels tijdens andere activiteiten.

Afbreken containment

De eersten die een ruimte betreden na de eindbeoordeling na een asbestsanering zijn de saneerders, als zij het containment afbreken. De asbestsaneerders beginnen direct na vrijgave met het afbreken van het containment. De eerste stap daarbij is het afplakken en uitschakelen van de onderdrukmaschine. Vervolgens wordt de apparatuur zoals douchesluis en onderdrukmaschine verwijderd en wordt het containment zelf afgebroken. Het folie dat gebruikt is voor het containment wordt dubbel verpakt en afgevoerd als asbesthoudend afval.

Voor het afbreken van het containment zijn twee scenario's opgesteld: één voor saneringen in woningen en één voor industriële saneringen. Het verschil zit hem daarbij vooral in de grootte van de sanering (en het containment) en de duur van het project. Uiteraard zijn er ook saneringen op andere locaties mogelijk, zoals kantoorgebouwen. Aan de hand van type en duur van de activiteiten kan bepaald worden of één van de scenario's representatief is voor die andere saneringen. Veel bedrijven richten zich op het één of het ander (woningbouw of industrie). Daarom worden deze scenario's apart beschreven en wordt geen rekening gehouden met een combinatie van de twee scenario's.

Scenario A: saneerders bij woningsloop/-renovatie

Hierbij gaat het om kleine containments. Het afplakken en uitschakelen van de onderdrukmaschine duurt ongeveer 10 minuten. Tijdens die periode is het containment nog gesloten. We nemen aan dat tijdens die periode geen ventilatie plaatsvindt en de vezelconcentratie op hetzelfde niveau blijft. Als het containment geopend wordt vindt menging plaats en zal de concentratie gaan afnemen door (natuurlijke) ventilatie. Het verwijderen van apparatuur en wanden van het containment duurt maximaal een uur.

Een containment kan kleiner zijn dan de ruimte zelf. In dat geval zullen de vezels zich bij openen van het containment gaan verspreiden door de hele ruimte en vindt dus verdunning plaats. Bij het inrichten van het containment wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de bestaande wanden van de ruimte, onder andere voor de stevigheid. Daarom wordt er hier vanuit gegaan dat geen verdunning optreedt op het moment van openen. Dit is een worst case aanname; bij verdunning zal de concentratie en daarmee de blootstelling en het risico afnemen.

Scenario B: saneerders bij industriële saneringen

Bij een industriële sanering gaat het vaak om een groot containment, waarbinnen meerdere asbestbronnen gesaneerd worden. Voor deze grote containments moeten ook meerdere onderdrukmachines ingezet worden. Het afplakken en uitschakelen van deze onderdrukmachines duurt ongeveer een uur. Tijdens die periode vindt geen ventilatie plaats en de concentratie blijft dus op het beginniveau. Ook in dit geval gaan we ervan uit dat geen verdunning plaatsvindt bij het openen van het containment. Het verwijderen van apparatuur en het afbreken van de rest van het containment kan meerdere dagen duren. De saneerders besteden dan ook de rest van hun werkdag (7 uur) hieraan. Na een dag is de concentratie voldoende afgenomen om niet meer significant bij te dragen aan het risico (zie ook hoofdstuk 5 en bijlage 1).

Herstel- en vervolgwerkzaamheden

Een asbestsanering is vaak onderdeel van een renovatieproject. Na het verwijderen van het asbest moeten dan herstelwerkzaamheden uitgevoerd worden, zoals het plaatsen van nieuwe vensterbanken, herstellen van de vloer of schilderwerk. In dat geval zullen na het afbreken van het containment andere werknemers de ruimte betreden. Er zijn echter ook saneringsbedrijven die zelf herstelwerkzaamheden uitvoeren, zoals het egaliseren van een vloer.

Andere gebouwen worden (gedeeltelijk) gesloopt na het verwijderen van asbest. Ook dit kan zowel door een ander bedrijf uitgevoerd worden als door hetzelfde bedrijf. Indien hetzelfde bedrijf de sloopwerkzaamheden uitvoert, kunnen ook dezelfde mensen blootgesteld worden.

Scenario C: herstel- en vervolgwerkzaamheden bij woningrenovatie door derden

De werknemer betreedt de ruimte na het afbreken van het containment. De vezelconcentratie bij aanvang van de herstelwerkzaamheden is dan al afgenomen ten opzichte van de vrijgaveconcentratie. De werkzaamheden duren 4 uur.

Scenario D: Herstel- en vervolgwerkzaamheden bij woningrenovatie door saneerder

In dit geval gaan de saneerders direct na het afbreken van het containment door met de herstelwerkzaamheden. Het zal vaker gaan om kortdurende werkzaamheden, omdat er minder werktijd over blijft na de sanering en vrijgave. Er wordt een duur van 2 uur aangenomen. Als de werkzaamheden langer duren zullen de saneerders vaak een dag later terug moeten komen, maar dan is de concentratie al zo ver afgenomen dat er geen significante blootstelling meer is.

Scenario E: Vervolgwerkzaamheden bij industriële saneringen

Bij saneringen in de procesindustrie wordt de asbestverwijdering meestal uitgevoerd tijdens een grote onderhoudsstop van de fabriek. Hierbij is het vanuit economisch oogpunt wenselijk dat de tijdsduur dat de fabriek stilligt zo kort mogelijk blijft. Er wordt daarom druk uitgeoefend op de saneerders om de werknemers die andere werkzaamheden moeten uitvoeren zo snel mogelijk in de ruimte toe te laten.

Daarom komt het voor dat deze werknemers al tijdens het afbreken van het containment aan de slag gaan (in een ander deel van de ruimte). Als beginmoment voor de blootstelling wordt gekozen voor het moment dat het containment geopend wordt, dus direct na het afplakken van de onderdruk machines (de concentratie is dan nog op het niveau van de eindbeoordeling). Er wordt vaak in ploegen gewerkt, waarbij de eerste ploeg het hoogst blootgesteld wordt. De werktijd is acht uur. In andere takken van industrie starten de vervolgwerkzaamheden mogelijk later waardoor de blootstelling en het risico lager zullen uitvallen.

Bewoners

In een aantal gevallen zullen bewoners vrijwel direct na het verwijderen van het containment de ruimte betreden. Dit is bijvoorbeeld het geval als de herstelwerkzaamheden op een later moment plaatsvinden, of als de bewoners deze zelf uitvoeren. Een belangrijk verschil met de scenario's voor de werknemers is dat het voor bewoners meestal om een eenmalige gebeurtenis gaat, terwijl de werknemers herhaaldelijk in deze situatie terecht kunnen komen.

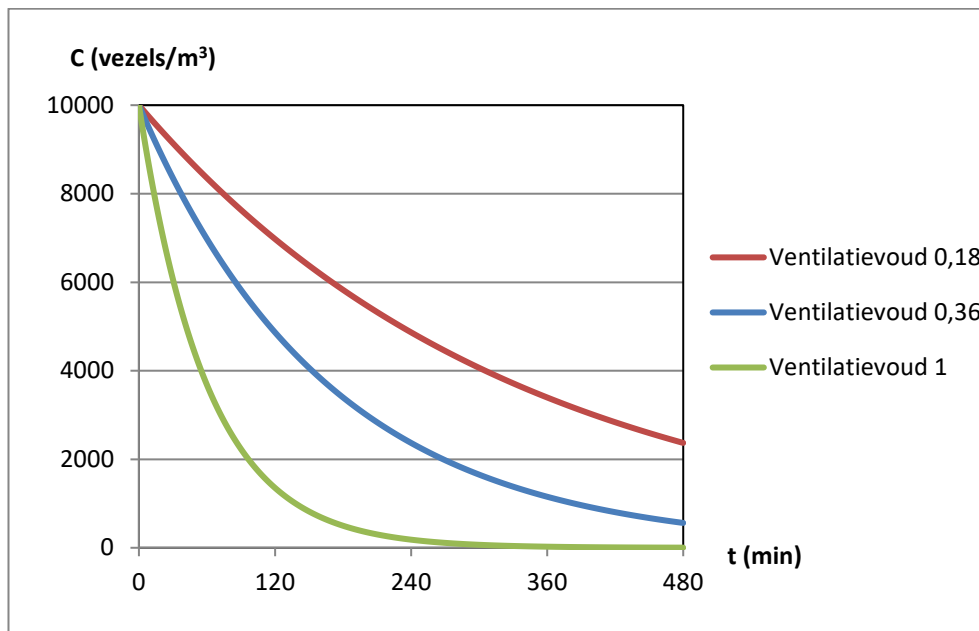
Scenario F: bewoners

De bewoners betreden de ruimte na het afbreken van het containment. Er wordt aangenomen dat zij 24 uur per dag in deze ruimte verblijven. Dit is een worst case aanname, in veel gevallen zijn bewoners immers een deel van de dag afwezig of in een andere ruimte in huis.

5 Berekening van de blootstelling

In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat de concentratie vezels in de lucht tijdens de eindmeting gelijk is aan de toetswaarde. Dit is een worst case aanname; in de praktijk moet de concentratie immers onder die toetswaarde liggen. Er wordt gerekend met zowel 20% amfiboolvezels als 100% amfiboolvezels (worst case situatie).

Er wordt vanuit gegaan dat deze concentratie op hetzelfde niveau blijft totdat het containment geopend wordt. Na opening van het containment zal de vezelconcentratie afnemen in de tijd, totdat deze gelijk wordt aan de achtergrondconcentratie. De afname wordt enerzijds veroorzaakt door ventilatie, waarbij verontreinigde lucht wordt afgevoerd en schone lucht wordt aangevoerd, en anderzijds door het neerslaan van vezels op oppervlakken. Vezels die zijn neergeslagen op oppervlakken kunnen echter ook weer opnieuw in de lucht komen, met name wanneer er activiteit in de ruimte is. Daardoor kan de concentratie opnieuw toenemen. Aangenomen wordt dat het neerslaan van vezels en weer opwerpen elkaar in evenwicht houden, zodat de concentratie alleen beïnvloed wordt door de ventilatie. Het verloop van de concentratie in de tijd is afhankelijk van het ventilatievoud in de ruimte. Figuur 1 laat zien hoe de concentratie afneemt als functie van de tijd voor verschillende waarden van het ventilatievoud. Een toelichting op de berekening wordt gegeven in Bijlage 1.



Figuur 1: Afname van de vezelconcentratie in de tijd vanaf het moment van openen van het containment voor verschillende waarden van het ventilatievoud (zie bijlage 1 voor bijbehorende berekening)

Voor de natuurlijke ventilatie in woningen wordt een ventilatievoud van 0,36 maal per uur aangenomen. Dit ventilatievoud wordt onderbouwd in Bijlage 1. In een industriële omgeving zal de ventilatie meestal beter zijn en wordt een ventilatievoud van 1 maal per uur aangenomen.

De concentratie vezels is voor iedere minuut berekend. Op basis daarvan kan de blootstelling berekend worden. Het voorbeeld voor scenario A wordt hier uitgewerkt. De totale blootstellingsduur voor scenario A is 70 minuten. De eerste 10 minuten blijft de concentratie gelijk, namelijk 10.000 vezels/m³. Daarna neemt de concentratie logaritmisch af in de tijd als gevolg van (natuurlijke) ventilatie. Bij een ventilatievoud van 0,36 zal de concentratie na een uur gelijk zijn aan bijna 7000 vezels/m³. De gemiddelde concentratie waaraan de saneerder gedurende 70 minuten wordt blootgesteld is gelijk aan 8648 vezels/m³, berekend volgens de volgende vergelijking:

$$C_{gem} = \frac{10 \times 10.000 + \int_{t=0}^{t=60} C(t)dt}{10 + 60}$$

In een woning is de concentratie na 24 uur bij een ventilatievoud van 0,36 afgenomen tot minder dan 2 vezels/m³ boven de achtergrondconcentratie. Dit valt ruim binnen de normale fluctuaties in de achtergrondconcentratie. Daarom is de berekening bij scenario F na 24 uur gestopt.

Tabel 1 geeft de blootstelling (gemiddelde asbestconcentratie en blootstellingsduur per keer) voor alle scenario's.

Tabel 1: blootstelling per scenario: gemiddelde asbestconcentratie tijdens de handelingen en duur van de blootstelling

Scenario		Gemiddelde concentratie asbest [vezels/m³]	Blootstellingsduur [min]
A	Saneerders woningen	8648	70
B	Saneerders industrieel	2509	480
C	Herstel woningen door derden	3708	240
D	Herstel woningen door saneerders	5017	120
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	1260	480
F	Bewoners	810	1440

6 Berekening van het risico

Voor de berekening van het risico wordt uitgegaan van de risicogetallen (blootstellingsconcentraties waarbij iemand een bepaald extra risico op longkanker en mesothelioom loopt) die zijn afgeleid door de Gezondheidsraad [2010]. Er zijn verschillende risicogetallen voor werknemers en voor de algemene bevolking. De Gezondheidsraad heeft afgeleid dat voor werknemers de extra kans op kanker $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar is bij een blootstelling aan een chrysotielconcentratie van 2000 vezels/m³ gedurende 8 uur per dag, 5 dagen per week gedurende 1 jaar. Voor amfiboolvezels geldt hetzelfde risico bij een blootstelling aan 420 vezels/m³, en voor gemengd asbest (20% amfibolen) bij 1300 vezels/m³. De extra kans op kanker van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar is gelijk aan het streefrisiconiveau voor werknemers.

Voor de algemene bevolking geldt een extra risico op kanker van $1 \cdot 10^{-8}$ per jaar, oftewel $1 \cdot 10^{-6}$ bij levenslange blootstelling, als verwaarloosbaar risiconiveau. De bijbehorende concentraties voor blootstelling zijn voor chrysotiel 28 vezels/m³, voor amfiboolasbest 3 vezels/m³ en voor gemengd asbest (20% amfibolen) 13 vezels/m³.

Voor de berekening van het risico op kanker is de cumulatieve blootstelling aan asbest van belang.

Risico per scenario

We nemen aan dat alle vezels op het moment van de eindbeoordeling asbestvezels zijn. Verder wordt aangenomen dat het risico alleen afhangt van het totaal aantal ingeademde vezels en dat er een lineaire correlatie is [Hegger et al., 2014]. Dat betekent dat als de totale hoeveelheid ingeademde vezels twee maal zo hoog wordt, de kans op kanker ook toeneemt met een factor twee. We berekenen het risico voor zowel 100% amfiboolasbest als voor gemengd asbest met 20% amfibolen en 80% chrysotiel. TNO heeft een analyse gedaan van een steekproef van meldingen in SMA-rt (het programma waarmee de risicoklasse bepaald wordt) uit de periode van 2014 tot 2016 [Spaan et al, 2019]. Ook de samenstelling van materialen is daarin opgenomen. De exacte samenstelling is niet opgenomen, maar de concentratie asbest wordt ingedeeld in een bepaalde klasse (bv gehaltes van 5-10% of 15-30%, zowel voor chrysotiel als voor amfibolen). Het exacte aandeel amfibolen in de vezelconcentratie bij saneringen is daarom niet te bepalen. Een schatting laat zien dat het percentage amfibolen ten opzichte van het totale asbestgehalte in materialen in ongeveer 35 procent van de RK2A-saneringen hoger is dan 30%. Die situaties benaderen we door het risico bij 100% amfibolen te berekenen (worst case aanname).

We werken scenario A weer uit als voorbeeld. De saneerders worden gedurende 70 minuten blootgesteld aan een concentratie van gemiddeld 8648 vezels/m³. Dit vergelijken we met het risicogetal dat de Gezondheidsraad heeft afgeleid. Voor 100% amfibolen is dat dus een risico van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar bij een blootstelling aan 420 vezels/m³, 8 uur per dag, 5 dagen per week, één jaar lang. Omdat de relatie lineair is

kunnen we het risico op kanker in scenario A berekenen met de volgende formule:

$$R = R_{GR} \frac{C_A \cdot d_A}{C_{GR} \cdot 1 \text{ arbeidsjaar}} = 1 \cdot 10^{-6} \frac{8648 \cdot 70}{420 \cdot (52 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 60)} = 1,15 \cdot 10^{-8}$$

Waarin R het risico op kanker is, R_{GR} het risiconiveau dat de Gezondheidsraad berekent, C_{GR} de bijbehorende concentratie, en C_A en d_A respectievelijk de gemiddelde concentratie en de duur van het scenario.

De resultaten voor alle scenario's zijn weergegeven in tabel 2. Voor bewoners (scenario F) is het risico vergeleken met het verwaarloosbaar risiconiveau voor omgevingsblootstelling, waarbij wordt uitgegaan van een blootstelling gedurende 24 uur per dag, 365 dagen per jaar.

Tabel 2: Risico op kanker ten gevolge van het uitvoeren van deze scenario's, voor toepassingen met zowel 100% amfiboolasbest als gemengd asbest met 20% amfibolen.

Scenario		Risico bij 100% amfibolen [·10 ⁻⁸]	Risico bij 20% amfibolen [·10 ⁻⁸]
A	Afbreken containment woningen	1,15	0,373
B	Afbreken containment industrieel	2,30	0,742
C	Herstel woningen door derden	1,70	0,549
D	Herstel woningen door saneerders	1,14	0,369
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	1,15	0,373
F	Bewoners	0,740	0,171

De toename van het risico ten opzichte van de situatie waarbij de toetswaarde 2000 vezels/m³ is, is dan eenvoudig te berekenen door de berekening te herhalen met een beginconcentratie van 2000 vezels/m³. Door deze twee waarden van elkaar af te trekken wordt de toename bepaald. Dit resultaat is te zien in tabel 3.

Tabel 3: Toename van het risico op kanker voor alle scenario's ten gevolge van een verhoging van de toetswaarde van 2000 vezels/m³ naar 10.000 vezels/m³.

Scenario		Extra risico bij 100% amfibolen [-10 ⁻⁸]	Extra risico bij 20% amfibolen [-10 ⁻⁸]
A	Afbreken containment woningen	0,924	0,299
B	Afbreken containment industrieel	1,84	0,594
C	Herstel woningen door derden	1,36	0,439
D	Herstel woningen door saneerders	0,912	0,295
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	0,923	0,298
F	Bewoners	0,591	0,137

Frequentie van de scenario's

De risico's per uitgevoerd scenario zijn laag. Asbestsaneerders zullen deze werkzaamheden echter regelmatig uitvoeren. De risico's moeten dan bij elkaar opgeteld worden. Daarvoor moet een inschatting gemaakt worden hoe vaak de verschillende groepen ieder scenario uitvoeren. Hiervoor is overlegd met een aantal brancheverenigingen.

Afbreken containment woningen (scenario A)

Bij asbestsloop in woningen voert een medewerker ongeveer één sanering per dag uit. Ongeveer 7 à 8% van de eindbeoordelingen wordt gedaan volgens het protocol horend bij risicoklasse 2A³ (dit zijn dus de RK2A-saneringen exclusief de uitzonderingen). Saneringen in risicoklasse 1 hoeven niet door gecertificeerde saneerders te worden uitgevoerd. In 2013 was dit ongeveer 30% van alle saneringen [Tempelman et al., 2013]⁴. Voor gecertificeerde saneerders komt het percentage waarvoor een eventuele wijziging van de toetswaarde zou gelden dan uit op $8/70 = 11,4\%$. We gaan er daarom vanuit dat het afbreken van een containment volgens dit scenario per medewerker 30 keer per jaar voorkomt. In de meeste gevallen zal het daarbij gaan om gemengd asbest. Uit gegevens van TNO [Spaan et al, 2019] blijkt dat in ongeveer een derde van de gevallen meer dan 30% van het totaal aanwezige asbest in het materiaal bestaat uit amfibolen. Dit benaderen we door het risico bij 100% amfibolen te gebruiken, voor de overige situaties gebruiken we als benadering het risico bij 20% amfibolen.

Afbreken containment industrieel (scenario B)

Omdat het bij dit type saneringen vaak om grotere, langdurige projecten gaat, doen saneerders minder projecten per jaar en breken zij dus ook minder vaak een containment af. Binnen één containment worden vaak meerdere bronnen verwijderd. Dit heeft geen effect op de concentratie na de eindbeoordeling. We gebruiken een frequentie van 15 keer per jaar voor het afbreken van het containment. Ook hierbij gaat het in de

³ Data afkomstig van Fenelab en VVTB.

⁴ Mogelijk is het aandeel RK1-saneringen nu iets lager door de grenswaardeverlaging van 2014.

meeste gevallen om gemengd asbest, en gaan we uit van een derde van de saneringen met een hoog amfiboolgehalte.

Herstel- en vervolgwerkzaamheden woningen door derden (scenario C)

De frequentie hangt af van het type project. Bij een grootschalige renovatie van bijvoorbeeld een flatgebouw, zullen vaak dezelfde partijen ingehuurd worden om alle appartementen te renoveren. In zo'n geval zal de betreffende werknemer dus herhaaldelijk blootgesteld worden binnen een korte periode. De frequentie kan echter ook sterk verschillen van jaar tot jaar. Bij een sanering bij particulieren gaat het om kleinere projecten, en ligt het voor de hand dat de blootstelling meer gespreid wordt (zowel over verschillende bedrijven/werknemers als in de tijd). Als gemiddelde nemen we aan dat dit 15 keer per jaar voorkomt voor de hoogst blootgestelde groep. Hierbij geldt dezelfde verhouding tussen 100% amfiboolasbest en gemengd asbest.

Herstel- en vervolgwerkzaamheden door saneerders (scenario D)

Ook hier zal de frequentie afhangen van het type project en opdrachtgever. Particulieren zullen snel geneigd zijn om de hele klus door dezelfde aannemer te laten uitvoeren. Er wordt geschat dat dit bij maximaal de helft van de saneringen het geval zal zijn, wat neerkomt op 15 klasse 2A-saneringen per jaar. Ook hier gaan we ervan uit dat bij een derde van de saneringen sprake is van een hoog percentage amfiboolvezels.

Vervolgwerkzaamheden industriële saneringen (scenario E)

Deze werkzaamheden worden niet door de saneerders zelf uitgevoerd maar door andere partijen. Binnen de procesindustrie komt men wel vaak dezelfde partijen tegen. Er wordt een frequentie van maximaal 15 maal per jaar aangenomen, waarvan een derde met hoog amfiboolgehalte.

Bewoners (scenario F)

Voor de bewoners gaat het om een eenmalige gebeurtenis.

Berekening van het (extra) risico per jaar

Het risico per jaar voor ieder scenario is te berekenen door het berekende risico voor dat scenario te vermenigvuldigen met de frequentie. Voor scenario A gaat dit als volgt:

$$R_{A,tot} = R_{A,100\%} \times f_{A,100\%} + R_{A,20\%} \times f_{A,20\%} \\ = 1,15 \cdot 10^{-8} \times 10 + 0,373 \cdot 10^{-8} \times 20 = 1,90 \cdot 10^{-7}$$

De jaarlijkse risico's voor de andere groepen zijn weergegeven in tabel 4. Om de toename van het risico ten gevolge van een verhoging van de toetswaarde te berekenen, wordt in bovenstaande vergelijking het berekende extra risico uit tabel 3 ingevuld in plaats van het totale risico voor dat scenario. Ook die resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

De saneerders lopen de meeste risico's. Dit was ook te verwachten aangezien zij het eerst de ruimte betreden na de sanering. De concentratie asbestvezels is dan het hoogst. Bovendien werken zij het meest frequent met asbest. Het risico is het hoogst voor saneerders die ook herstelwerkzaamheden uitvoeren.

Tabel 4: Jaarlijks risico op kanker bij het uitvoeren van werkzaamheden volgens de scenario's en de toename van dat risico ten gevolge van een verhoging van de toetswaarde van 2000 vezels/m³ naar 10.000 vezels/m³.

Scenario		Risico per jaar [·10⁻⁶]	Extra risico per jaar [·10⁻⁶]
A	Afbreken containment woningen	0,190	0,152
B	Afbreken containment industrieel	0,189	0,151
C	Herstel woningen door derden	0,140	0,112
D	Herstel door saneerders	0,094	0,075
A+D	Saneerders die ook herstelwerkzaamheden doen	0,284	0,227
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	0,095	0,076
F	Bewoners*	0,074	0,0059

* Levenslang risico in plaats van per jaar

7 Discussie

Aan de hand van de opgestelde scenario's is het risico bij de verschillende werkzaamheden na de eindbeoordeling bepaald. Uit de resultaten in tabel 4 blijkt dat het risico voor saneerders het grootst is. Voor hen is het risico als gevolg van het afbreken van het containment in respectievelijk woningbouw en industrie $0,190 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $0,189 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Ten opzichte van de huidige situatie is dat een verhoging van het risico met respectievelijk $0,152 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $0,151 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Wanneer de saneerders ook herstelwerkzaamheden uitvoeren, moet deze blootstelling bij de blootstelling ten gevolge van het afbreken van het containment opgeteld worden en neemt hun risico ten gevolge van deze scenario's toe tot $0,284 \cdot 10^{-6}$ per jaar dat ze blootgesteld worden (extra risico van $0,227 \cdot 10^{-6}$ per jaar ten opzichte van de situatie dat de toetswaarde 2000 asbestvezels/m³ is). Deze waarden zijn onder het streefrisiconiveau voor werknemers van $1 \cdot 10^{-6}$ per jaar ($4 \cdot 10^{-5}$ levenslang). Echter, de saneerders worden ook bij hun andere werkzaamheden (dus anders dan gerelateerd aan de werkzaamheden ná de eindbeoordeling) blootgesteld aan asbest. Dit moet bij de risico's uit tabel 4 opgeteld worden en er is een kans dat het totale risico dan het streefrisiconiveau overstijgt⁵. Om het totale risico vast te stellen is meer inzicht in de blootstelling tijdens die andere werkzaamheden noodzakelijk. Dit moeten werkgevers beoordelen in hun risicoinventarisatie en -evaluatie.

Voor andere werknemers die vervolgwerkzaamheden uitvoeren (scenario's C en E) blijft het risico onder het acceptabel risiconiveau. Er mag worden aangenomen dat zij geen additionele asbestblootstelling hebben, waardoor dit ook hun totale risico ten gevolge van asbestblootstelling is.

Voor bewoners is het risico kleiner dan $1 \cdot 10^{-8}$ en dit blijft daarmee ruim onder het verwaarloosbaar risiconiveau van $1 \cdot 10^{-6}$ voor levenslange blootstelling. Dit heeft er vooral mee te maken dat het voor hen om een eenmalige gebeurtenis gaat terwijl saneerders en mensen die vervolgtaken uitvoeren vaker in deze blootstellingssituatie terecht kunnen komen.

Gevoeligheidsanalyse

De berekende risico's zijn waarschijnlijk een overschatting van het werkelijke risico, omdat op een aantal momenten worst case aannames gemaakt zijn. De concentratie bij de eindbeoordeling zal in veel gevallen lager zijn dan de toetswaarde, waardoor het risico evenredig afneemt. Ook is uitgegaan van een minimale waarde voor de ventilatie in de ruimte, en zullen saneerders een deel van de tijd die het afbreken van het containment duurt ook buiten de ruimte doorbrengen, omdat bijvoorbeeld materiaal moet worden afgevoerd. Hier staat tegenover dat ventilatie in de eerste periode bij het afbreken van het containment wellicht juist bemoeilijkt wordt door de aanwezigheid van dat

⁵ NB: Wettelijk gezien is niet het risico bepalend voor de toelaatbaarheid van (combinaties van) handelingen, maar de blootstelling gedurende de dag (deze moet onder de grenswaarde blijven). Er moet gestreefd worden naar een zo laag mogelijke blootstelling, en daarmee een zo laag mogelijk risico.

containment. Deze effecten zijn moeilijk te kwantificeren, en het berekende risico moet gezien worden als een bovengrens van het risico.

In Bijlage 2 is een gevoeligheidsanalyse gedaan, waar de afhankelijkheid van het risico per scenario van de beginconcentratie, de verdunning bij openen van het containment, het ventilatievoud en de duur van de werkzaamheden berekend is. Met name het ventilatievoud heeft veel invloed vanwege de exponentiële afhankelijkheid van de concentratie van dit ventilatievoud. Door goed te ventileren na een sanering zou de afname van de vezelconcentratie versneld kunnen worden. Het risico neemt dan ook af. Daarbij moet er wel voor gezorgd worden dat de vezels naar buiten afgevoerd worden en zich niet verspreiden naar andere ruimten binnen de woning.

Een andere factor waardoor het berekende risico in dit rapport mogelijk een overschatting vormt van het werkelijke risico is de methode waarop de eindmeting uitgevoerd wordt. Tijdens de eindmeting wordt gedurende een aantal uur gemeten terwijl de afzuiging aan staat, en ook tijdens deze meting zal de concentratie asbestvezels afnemen [Spaan et al., 2017]. Het meetresultaat representeert de gemiddelde waarde over de periode dat gemeten wordt. Dit betekent dat de werkelijke concentratie vezels aan het einde van de meting (het moment dat het afbreken van het containment begint) meestal lager zal zijn dan het meetresultaat.

Relatie tussen eindbeoordeling en grenswaarde

Het doel van een eindbeoordeling is te beoordelen of een ruimte weer veilig kan worden betreden, zonder gebruik te maken van persoonlijke beschermingsmiddelen. Dit betekent dat de eindbeoordeling voldoende zekerheid moet bieden dat de gemiddelde blootstelling van werknemers niet hoger is dan de grenswaarde.

De huidige grenswaarde voor asbest is 2000 vezels/m³, gemiddeld over een 8-urige werkdag (5 dagen per week). Een toetswaarde van 10.000 vezels/m³ is dus vijfmaal zo hoog als de grenswaarde. De tijdgewogen gemiddelde blootstelling van een werknemer aan asbestvezels mag niet hoger zijn dan de grenswaarde. Omdat asbest effecten heeft op lange termijn is vooral de totaal ingeademde hoeveelheid asbestvezels van belang [Gezondheidsraad, 2010]. Een periode met een hogere blootstelling mag 'gecompenseerd' worden door een periode van lagere blootstelling. In de praktijk betekent dit dat als een werknemer gedurende één uur wordt blootgesteld aan een concentratie van vijfmaal de grenswaarde, dit gecompenseerd moet worden met een periode van vier uren waarin geen blootstelling plaatsvindt. Voor asbestsaneerders zijn er weinig perioden waarin helemaal geen blootstelling plaatsvindt.

De concentratie van 2000 vezels/m³ wordt overschreden bij werkzaamheden volgens de scenario's A, B, C, en D. In tabel 5 zijn de concentraties ook omgerekend naar een daggemiddelde blootstelling voor deze scenario's, waarbij rekening gehouden wordt met de duur van de handelingen. De daggemiddelde blootstelling overschrijdt de grenswaarde alleen voor scenario B en voor de combinatie van scenario's A en D. Er moet echter rekening mee gehouden worden dat

de saneerders ook tijdens andere werkzaamheden (het saneren zelf) blootgesteld worden, en dat de totale daggemiddelde blootstelling ook voor saneerders in de woningbouw die geen herstelwerkzaamheden doen te hoog zou kunnen uitkomen. Een nadere beoordeling, waarbij ook de blootstelling tijdens andere werkzaamheden betrokken wordt, zal dat moeten uitwijzen. Dit is de verantwoordelijkheid van de werkgever. De concentratie in scenario C komt wel boven de grenswaarde uit, maar wanneer een daggemiddelde blootstelling wordt berekend blijft die onder de grenswaarde (ervan uitgaand dat gedurende de rest van de dag geen asbestblootstelling plaatsvindt).

Tabel 5: Daggemiddelde blootstelling per scenario

Scenario		Concentratie asbest [vezels/m ³]	Duur [min]	Daggemiddelde blootstelling [vezels/m ³]
A	Afbreken containment woningen	8648	70	1261
B	Afbreken containment industrieel	2509	480	2509
C	Herstel woningen door derden	3708	240	1854
D	Herstel door saneerders	5017	120	1254
A+D	Saneerders die ook herstelwerk- zaamheden doen			2515
E	Vervolgwerkzaam- heden industrieel	1260	480	1260
F	Bewoners	810	1440	-

Indien de daggemiddelde blootstelling de grenswaarde overschrijdt, zullen er maatregelen genomen moeten worden om de blootstelling te verlagen. Dit zou kunnen betekenen dat in bepaalde situaties toch gewacht moet worden totdat de concentratie is gedaald tot een aanvaardbaar niveau.

Op dit moment zijn de grenswaarden voor chrysotiel en amfiboolasbest gelijk. Daarom is het niet noodzakelijk om bij de beoordeling van de blootstelling van werknemers een blootstellingsindex te berekenen die rekening houdt met de combinatie. Voor de berekening van het risico maakt het wel uit welk soort asbest wordt aangetroffen.

In Nederland streeft men ernaar om de grenswaarde vast te stellen op het streefrisiconiveau. Voor amfibolen is het streefniveau 420 vezels/m³, dus lager dan de huidige grenswaarde. Mocht de grenswaarde aangepast worden dan verandert het risico niet ten opzichte van wat in dit rapport berekend is. Het kan wel gevolgen hebben voor de beoordeling van de blootstelling van werknemers.

Meetmethode

Bij een beoordeling met FCM, zoals momenteel wordt toegepast na klasse 2-saneringen en een aantal uitzonderingen met beperkt risico in klasse 2A, wordt het totaal aantal vezels beoordeeld. De asbestvezels vormen een fractie hiervan. Uit onderzoek waarbij parallelle metingen met FCM en SEM/RMA geanalyseerd zijn, bleek dat gemiddeld zo'n 17% van de vezels bij vrijgavemetingen asbest zijn, en dat de waarde van 2000 asbestvezels/m³ zelden overschreden wordt bij toetsing aan 10.000 vezels/m³ met FCM bij klasse 2 saneringen [Tromp en Tempelman, 2016].

Bij klasse 2A-saneringen wordt de eindbeoordeling nu gedaan door middel van SEM/RMA metingen, omdat dit meer zekerheid geeft over het aantal en type asbestvezels. Deze methode maakt namelijk wel onderscheid naar type vezel en kan ook de verschillende typen asbest onderscheiden. De meetmethode met behulp van SEM/RMA leidt tot hogere kosten, omdat de meting langer duurt en de apparatuur minder mobiel is. Aanpassing van de toetswaarde tot 10.000 vezels/m³ zou daarom een kostenbesparing kunnen opleveren indien daarbij gebruik gemaakt wordt van FCM ⁶.

De toe te passen methode heeft ook gevolgen voor de interpretatie van dit onderzoek. Bij een aanpassing van de toetswaarde na klasse 2A-saneringen naar 10.000 vezels/m³, is het wellicht mogelijk ook voor die saneringen FCM te gebruiken. In dat geval wordt aanbevolen om te onderzoeken of ook voor deze saneringen de concentratie asbest met voldoende zekerheid onder de 2000 asbestvezels/m³ blijft bij toetsing aan een waarde van 10.000 vezels/m³. Hiervoor zouden vergelijkbare parallelle metingen gedaan moeten worden als in het rapport van Tromp en Tempelman [2016]. Als blijkt dat de concentratie beneden de 2000 vezels/m³ blijft, neemt het risico feitelijk niet toe ten opzichte van de huidige situatie. Op dit moment is echter niet duidelijk of FCM op die manier zou kunnen worden toegepast bij saneringen waar veel amfiboolvezels vrijkomen. Indien gemeten wordt met SEM/RMA en daarbij getoetst wordt aan een concentratie van 10.000 asbestvezels/m³ (in plaats van de huidige 2000 asbestvezels/m³) neemt het risico bij de werkzaamheden na de eindbeoordeling toe zoals beschreven in dit rapport.

Optimalisatie meetmethode eindbeoordeling

TNO heeft in 2017 een aantal aanbevelingen gedaan voor optimalisatie van de meetmethode bij de eindbeoordeling [Spaan et al., 2017]. Er waren zorgen of de nu gebruikte methode wel representatief is. Eén van de aanbevelingen heeft betrekking op het ventilatievoud tijdens de eindbeoordeling en kan invloed hebben op het berekende risico. Tijdens de eindbeoordeling worden monsters genomen terwijl de afzuiging in het containment nog ingeschakeld is, waarbij het ventilatievoud tenminste zes verversingen per uur is. Dit betekent dat tijdens de beoordeling de concentratie snel afneemt. De verhouding

⁶ Branchevereniging Fenelab gaf in een gesprek aan dat de kosten voor SEM/RMA al gedaald zijn en inmiddels in een aantal gevallen ook mobiele apparatuur beschikbaar is, waardoor analyse ter plekke kan plaatsvinden en geen transport naar het laboratorium nodig is. Dit is niet gecontroleerd.

tussen het meetresultaat en de werkelijke concentratie aan het einde van de meetduur is afhankelijk van het ventilatievoud tijdens de meting. TNO stelt voor om de eindbeoordeling te doen met een lagere afzuigcapaciteit, omdat dit een meer representatief beeld geeft van de situatie direct na de sanering. De concentratie asbestvezels zal in dat geval constanter blijven tijdens de meting. De overschatting van het risico ten gevolge van de afname van de vezelconcentratie tijdens de meting, zoals benoemd op pagina 30, zal in dat geval minder worden.

Validiteit van het gebruikte model

Tijdens het onderzoek ontvingen wij van Fenelab kritiek⁷ die gegeven was naar aanleiding van een rapport waarin hetzelfde model (zie bijlage 1 en figuur 1) voor afname van de asbestconcentratie gebruikt werd. Dit werd geïllustreerd met drie voorbeelden (waarvan twee al tientallen jaren oud) waarbij de concentratie asbestvezels veel langer (zeer) hoog bleef dan verwacht zou mogen worden op basis van dit model.

Het gebruikte model is ontwikkeld voor gassen en vloeistoffen en gaat uit van ideale menging. In de praktijk werkt het model ook voor (lichte) gesuspendeerde deeltjes. Er wordt daarbij wel aangenomen dat er geen bronnen zijn waardoor de concentratie weer toeneemt. Mogelijk speelden die bronnen een rol in de voorbeeldsituaties. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als asbest niet volledig is verwijderd of als neergeslagen deeltjes opnieuw in suspensie gebracht worden. Een juiste uitvoering van alle onderdelen van de eindbeoordeling is belangrijk om dit risico te beperken. Ook kan een onjuiste installatie van de ventilatiesystemen sterke invloed hebben op de menging in de ruimte en daarmee de validiteit van het gebruikte model. Als bijvoorbeeld de luchtstroming in een ruimte omhoog gaat met lage snelheid, zou dat het uitzakken van deeltjes kunnen tegenwerken.

Er zijn geen meetgegevens bekend over de afname van de concentratie asbestvezels na een eindbeoordeling en een beter model is ook niet beschikbaar. Daarom is dit logaritmische model toch gebruikt in het rapport. Als de vezelconcentratie minder snel of juist sneller afneemt dan berekend is in dit rapport, heeft dat gevolgen voor de daggemiddelde blootstelling in alle scenario's. Om meer inzicht te krijgen in het werkelijke concentratieverloop tijdens en na de eindmeting zou meer onderzoek (metingen) gedaan moeten worden.

Overige aandachtspunten

In het Bouwbesluit 2012 is opgenomen dat de concentratie asbest in iedere ruimte in een woning niet hoger mag zijn dan 2000 vezels/m³ (artikel 7.19). Uit de memorie van toelichting blijkt dat deze concentratie is gekozen om aan te sluiten bij de grenswaarde uit het Arbobesluit. In de Nota van toelichting bij dit artikel wordt aangegeven dat men er na een vrijgavemeting conform het Arbobesluit vanuit kan gaan dat deze grenswaarde niet overschreden wordt. Wanneer de toetswaarde voor de eindbeoordeling zou worden aangepast, moet beoordeeld worden in hoeverre hiermee nog voldaan wordt aan de maximale asbestvezelconcentratie volgens het Bouwbesluit.

⁷ Brief van Fenelab aan TNO, kenmerk 7FENE-SEC.11368.B

8 Conclusie

In dit rapport is onderzocht wat het extra risico op kanker is voor saneerders, andere werknemers en bewoners als de toetswaarde voor de eindmeting na een asbestsanering in risicoklasse 2A verhoogd zou worden van 2000 asbestvezels/m³ naar 10.000 asbestvezels/m³. Hiertoe zijn zes scenario's opgesteld die plaats kunnen vinden na de eindbeoordeling: afbreken containment (2 scenario's), herstel- en vervolgwerkzaamheden (3 scenario's) en terugkeer bewoners. Het risico is het grootst voor saneerders die ook zelf herstelwerkzaamheden uitvoeren (in de woningbouw), namelijk een kans om kanker te krijgen van maximaal $0,284 \cdot 10^{-6}$ per jaar dat men deze werkzaamheden uitvoert. Ten opzichte van de situatie met een toetswaarde van 2000 asbestvezels/m³ is dit een toename van het risico van $0,227 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Voor andere saneerders, die na de eindbeoordeling het containment afbreken maar geen vervolgwerkzaamheden uitvoeren, zijn de risico's $0,190 \cdot 10^{-6}$ per jaar voor het scenario voor de woningbouw en $0,189 \cdot 10^{-6}$ per jaar voor het industriële scenario (extra risico van respectievelijk $0,152 \cdot 10^{-6}$ per jaar en $0,151 \cdot 10^{-6}$ per jaar). Het jaarlijkse risico voor deze scenario's overschrijdt het streefrisiconiveau ($1 \cdot 10^{-6}$ per jaar) niet. Daarbij moet wel rekening worden gehouden met het feit dat deze scenario's slechts een beperkt deel van de werkzaamheden van de saneerders vormen, en dat zij ook worden blootgesteld gedurende hun overige werkzaamheden. De risico's gedurende alle werkzaamheden moeten bij elkaar worden opgeteld. Voor andere werknemers die herstel- en vervolgwerkzaamheden uitvoeren en voor bewoners worden de streefrisiconiveaus niet overschreden bij deze scenario's. De opgestelde scenario's zijn zo realistisch mogelijk, maar er is ook een aantal worst case aannames gedaan. De berekening van de vezelconcentraties met een model introduceert ook een onzekerheid. De berekende risiconiveaus vormen daarmee een bovengrens van het werkelijke risiconiveau.

Momenteel worden verschillende toetswaarden gehanteerd, die zijn gekoppeld aan meetmethoden zoals blijkt uit de toelichting bij het Arbobesluit en normen. Bij risicoklasse 2 en de uitzonderingen van risicoklasse 2A wordt een waarde van 10.000 vezels/m³ gehanteerd, gemeten met FCM na een visuele inspectie. Voor de overige werkzaamheden in risicoklasse 2A is de toetswaarde 2000 vezels/m³, gemeten met SEM/RMA na een visuele inspectie. FCM maakt geen onderscheid tussen verschillende soorten vezels, en uit onderzoek is gebleken dat bij een toetswaarde van 10.000 vezels/m³ de asbestconcentratie zelden de grenswaarde (2000 vezels/m³) overschrijdt bij asbest met maximaal 5% amfibolen. Het is echter niet bekend of deze relatie ook geldt bij hogere amfiboolgehalten. Bij een eventuele aanpassing van de toetswaarde moet er duidelijkheid zijn over de meetmethode en de toepasbaarheid daarvan.

Volgens het Arbobesluit mag de daggemiddelde blootstelling van werknemers aan asbestvezels de grenswaarde niet overschrijden. Op basis van de berekeningen in dit rapport kan worden geconcludeerd dat in een aantal scenario's deze grenswaarde mogelijk wel wordt

overschreden wanneer de toetswaarde wordt aangepast naar 10.000 asbestvezels/m³. Uit een nadere blootstellingsbeoordeling zal moeten blijken of dit inderdaad het geval is. Dit is de verantwoordelijkheid van de werkgevers. Wanneer de grenswaarde wordt overschreden, moeten maatregelen genomen worden om de blootstelling te verlagen. Dit kan betekenen dat alsnog extra geventileerd moet worden om te voldoen aan de grenswaarde bij de werkzaamheden na de vrijgavemeting.

9 Referenties

1. Gezondheidsraad, *Asbest: Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling*, Den Haag, 2010, Publicatienummer 2010/10
2. Gezondheidsraad, *Leidraad berekening risicogetallen voor carcinogene stoffen*, Den Haag, 2012, Publicatienummer 2012/16
3. Nederlands Normalisatie-Instituut, *NEN 2990 – Lucht – Eindcontrole na asbestverwijdering*, Delft, 2012
4. J. Tempelman, J. den Boeft en J. Schinkel, *Onderzoek naar de blootstelling aan asbest tijdens saneringswerkzaamheden*, TNO 2013 R11850, 2013
5. P.C. Tromp en J. Tempelman, *Bepaling van de vezelconcentratie in de lucht na asbestsanering*, TNO 2016 R10496-A versie, juni 2016
6. S. Spaan, P. Tromp, M. Diks, P. Krystek, J. Schinkel, *Mogelijkheden optimalisatie methodiek eindcontrole na asbestsanering*, TNO 2017 R10706, oktober 2017
7. S. Spaan, P.C. Tromp, J.M. Schinkel, *Aanknopingspunten voor differentiatie in risico's van werkzaamheden met asbest ten behoeve van beheersregimes*, TNO 2019 R11239, september 2019
8. C. Hegger, S. Akkermans, A. Dusseldorp, L. Geelen, I. Links, A. van Pelt, B. Rozema, F.A. Swartjes, N.E. van Brederode, *GGD-Richtlijn medische milieukunde: Gezondheidsrisico van asbest in woningen en publieke gebouwen*, RIVM-rapport 2014-0047, 2014

10 Begrippen en afkortingen

Grenswaarde	De tijdgewogen gemiddelde concentratie waaraan een werknemer gedurende 8 uur per dag mag worden blootgesteld.
Toetswaarde	De concentratie (asbest)vezels waaraan het resultaat van de meting bij de eindbeoordeling getoetst wordt.
Risicogetal	Een risicogetal is een blootstellingsniveau (een concentratie in de lucht) dat overeenkomt met een vooraf (door de overheid) bepaalde extra kans op het optreden van kanker ten gevolge van die blootstelling. [Gezondheidsraad, 2012]
Risiconiveau	Risiconiveaus voor op de werkplek worden uitgedrukt als een kans op het optreden van extra gevallen van kanker gedurende het leven, ten gevolge van beroepsmatige blootstelling, uitgaande van een arbeidsperiode van 40 jaar (8 uur per dag, 40 uur per week) [Gezondheidsraad, 2012]
Verwaarloosbaar risiconiveau (VR, algemene bevolking)	De concentratie die overeenkomt met het verwaarloosbaar risiconiveau (VR) voor de algemene bevolking leidt naar verwachting bij blootstelling gedurende een jaar tot een (extra) kans om te overlijden aan kanker van 1 per 100 miljoen (1×10^{-8}). [Gezondheidsraad, 2012]
Maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR, algemene bevolking)	De concentratie die overeenkomt met het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) voor de algemene bevolking leidt naar verwachting bij blootstelling gedurende een jaar tot een (extra) kans om te overlijden aan kanker van 1 per miljoen (1×10^{-6}) [Gezondheidsraad, 2012]
Streefrisiconiveau (beroepsbevolking)	De Arboraad stelde voor een extra individueel risiconiveau na te streven van 1×10^{-6} (één op de miljoen) per jaar blootstelling aan kanker- verwekkende stoffen in de arbeidsomgeving. In de arbeidssituatie komt dit neer op een streefrisiconiveau van 4×10^{-5} voor 40 jaar beroepsmatige blootstelling. [Gezondheidsraad, 2012]
Verbodsrisoniveau (beroepsbevolking)	Het verbodsrisoniveau ligt een factor 100 hoger dan het streefrisiconiveau (dat wil zeggen een risico van 4×10^{-3}). Het verbodsrisoniveau impliceert dat dit niet mag worden overschreden. [Gezondheidsraad, 2012]
FCM	Fase-contrast microscopie (lichtmicroscopie)
SEM	Scanning electron microscopy
RMA	Röntgen micro-analyse
RK	Risicoklasse

Bijlage 1: ventilatievoud en vezelconcentratie

Bepaling van het ventilatievoud van een woning

Het Bouwbesluit 2012 geeft normen voor de luchtverversing in een woning. Artikel 3.38 van dit besluit gaat over de luchtverversing in bestaande woningen. In een verblijfsruimte moet een voorziening voor luchtverversing zijn met een capaciteit van tenminste $0,7 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak zijn. Bij een hoogte van de ruimte van 2,5 meter komt dit overeen met een ventilatievoud van 1 maal per uur.

In veel oudere woningen zijn geen voorzieningen voor mechanische ventilatie, maar is de luchtverversing afhankelijk van natuurlijke ventilatie. De Nederlandse norm NEN 2687 (1989) stelt eisen aan de luchtdoorlatendheid van woningen. Dit document stamt reeds uit 1989, en is daarom bruikbaar voor huizen uit die periode waarin nog asbest verwerkt kan zijn. De norm is nog steeds geldig, en kan dus ook een uitgangspunt vormen bij renovaties.

Huizen waarin sprake is van natuurlijke ventilatie vallen onder klasse 1 uit die norm. De norm geeft zowel ondergrenzen als bovengrenzen voor de luchtdoorlatendheid van dit type woningen. Voor een worst case aanname, gaan we uit van een huis met een beperkte ventilatie (goede isolatie) dat dus maar net voldoet aan de ondergrens voor luchtdoorlatendheid. De ondergrens hangt af van de grootte van het huis. We gebruiken een woonvolume van 500 m^3 , wat overeenkomt met een flinke eengezinswoning. De ondergrens voor de luchtdoorlatendheid bij een drukverschil van 10 Pa is $50 \text{ dm}^3/\text{s}$ voor een huis met een inhoud van 500 m^3 . De norm vermeldt dat 10 Pa een gemiddelde waarde voor het drukverschil is, die we hier dan ook gebruiken. Een luchtstroom van $50 \text{ dm}^3/\text{s}$ komt overeen met $180 \text{ m}^3/\text{hr}$. Voor een huis van 500 m^3 betekent dit een ventilatievoud van 0,36. Het ventilatievoud volgens de norm is lager dan dat volgens het Bouwbesluit 2012. In dit rapport gaan we uit van dit lagere ventilatievoud.

Afname van de vezelconcentratie in de tijd

Wanneer geen werkzaamheden meer verricht worden zal de vezelconcentratie afnemen in de tijd, totdat deze gelijk wordt aan de achtergrondconcentratie. De afname wordt enerzijds veroorzaakt door ventilatie in de woning, waarbij verontreinigde lucht wordt afgevoerd en schone lucht wordt aangevoerd, en anderzijds door het neerslaan van vezels op oppervlakken. Vezels die zijn neergeslagen op oppervlakken kunnen echter ook weer opnieuw in de lucht komen, met name wanneer er activiteit in de ruimte is. Daardoor kan de concentratie opnieuw toenemen. Aangenomen wordt dat het neerslaan van vezels en weer opnieuw opwerpen elkaar in evenwicht houden, zodat de concentratie alleen beïnvloed wordt door de ventilatie. De concentratie in de ruimte is daarmee eenvoudig te modelleren.

Bij het modelleren zijn de volgende aannames gedaan:

- De concentratie direct na de eindbeoordeling ($t = 0$ minuten) is gelijk aan de toetswaarde. Dit is een worst case aanname, als de

concentratie hoger dan de toetswaarde is zal de ruimte immers niet vrijgegeven worden.

- Het containment is even groot als de ruimte, waardoor geen verdunning optreedt bij het afbreken van het containment. Als wel verdunning zou optreden, zou het risico afnemen. Dit is dus ook een worst case aanname.
- Het neerslaan van vezels en weer opnieuw opwerpen ervan houden elkaar in evenwicht.
Dit betekent dat er geen bijdrage aan de vezelconcentratie is van asbestvezels van oppervlakken. Uit het onderzoek van TNO⁸ bleek dat er vrijwel geen relatie is tussen de aangetroffen vezels in kleefmonsters en gemeten luchtconcentraties en het effect van verontreinigde oppervlakken is daarmee ook onvoorspelbaar. Neerslaan van vezels zou ervoor zorgen dat de concentratie in de lucht sneller afneemt en het risico dus afneemt. Aan de andere kant gaf Fenelab een aantal voorbeelden⁹ waaruit bleek dat de concentratie veel langer op een hoog niveau bleef dan verwacht, vermoedelijk door opwerveling van eerder neergeslagen vezels. Het is echter te verwachten dat bij dergelijke situaties binnen de huidige praktijk afkeur zou plaatsvinden op basis van kleefmonsters.
- Er zitten geen vezels in de inkomende lucht. Door deze aanname berekent dit rapport alleen het extra risico door de werkzaamheden.
- De menging in de ruimte is goed, waardoor de concentratie asbestvezels overal gelijk is.
- De concentraties van chrysotiel en amfiboolvezels nemen even snel af.

De afname van de vezelconcentratie in de tijd is weer te geven met de volgende formule:

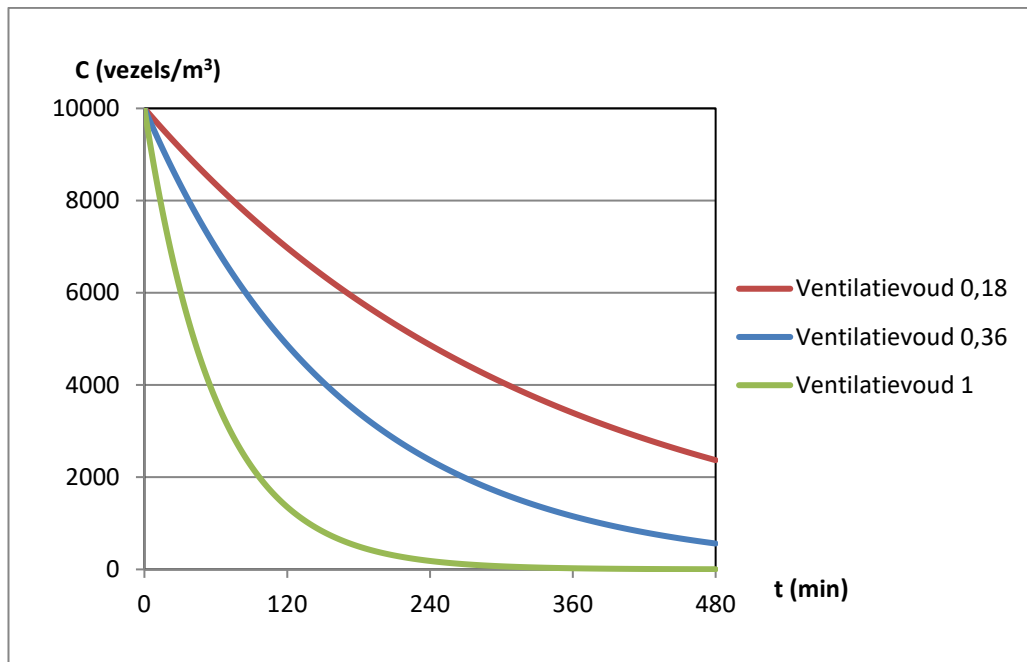
$$\frac{dC}{dt} = -\frac{\varphi_v}{V} C$$

waarbij C de concentratie asbestvezels is, φ_v de volumestroom uitgaande (en inkomende) lucht, en V het volume van de ruimte. De factor φ_v/V komt overeen met het ventilatievoud.

De afname van de concentratie asbestvezels in de lucht is dus afhankelijk van het ventilatievoud in de ruimte. De lucht die wordt afgevoerd bevat dezelfde concentratie vezels als in de ruimte aanwezig is, terwijl de lucht die binnenkomt schoon is. Figuur B1 laat de concentratie asbestvezels zien als functie van de tijd voor verschillende waarden van het ventilatievoud, bij een initiële concentratie van 10.000 vezels/m³.

⁸ S. Spaan, P. Tromp, M. Diks, P. Krystek, J. Schinkel, *Mogelijkheden optimalisatie methodiek eindcontrole na asbestsanering*, TNO 2017 R10706, oktober 2017.

⁹ Bijlage bij brief van Fenelab aan TNO, kenmerk 7FENE-SEC.11368.B



Figuur B1: Afname van de vezelconcentratie in de tijd vanaf het moment van openen van het containment voor verschillende waarden van het ventilatievoud

Bijlage 2: gevoeligheidsanalyse

Bij het opstellen van de scenario's zijn bepaalde keuzes gemaakt. Met een gevoeligheidsanalyse kunnen de gevolgen van die keuzes inzichtelijk worden gemaakt. Hier doen we dat voor de parameters beginconcentratie, verdunning bij opening van het containment, ventilatievoud en duur van de werkzaamheden.

Beginconcentratie

In de scenario's is ervan uitgegaan dat de concentratie aan het begin van de metingen gelijk is aan de toetswaarde (10.000 asbestvezels/m³). In werkelijkheid moet de concentratie lager zijn dan de toetswaarde. Als de beginconcentratie lager is, zal de concentratie op ieder moment met dezelfde factor afnemen. Ook de blootstelling en het risico veranderen met deze factor. Als bijvoorbeeld de beginconcentratie bij een scenario 5000 asbestvezels/m³ is (50% van het basisscenario), neemt het risico ten opzichte van het basisscenario ook 50% af.

Verdunningsfactor

In de basisscenario's is ervan uitgegaan dat het containment even groot is als de ruimte zelf, en dat dus geen verdunning optreedt na openen van het containment. In een kleine ruimte, of wanneer het asbest verspreid is over de hele ruimte (bv bij vloerzeil of plafondplaten) is dat ook een reële aanname. In het geval van een gelokaliseerde asbestbron in een grotere ruimte kan wel een kleiner containment gemaakt worden, en zal verdunning optreden bij het openen. In tabel B1 is het resterende risico te zien als bij openen van het containment verdunning optreedt met een factor 2 (de ruimte is dan dus twee maal zo groot als het containment) of een factor 4. Als basis is telkens het risico bij 100% amfiboolvezels genomen.

Tabel B1: Gevoeligheid ten opzichte van de verdunningsfactor. De tabel laat het resulterende risico zien als de verdunning bij openen van het containment de aangegeven factor bedraagt.

Scenario		Basis	Verdunning	
			Factor 2	Factor 4
		Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]
A	Saneerders woningen	1,15	0,673	0,432
B	Saneerders industrieel	2,30	1,72	1,43
C	Herstel woningen door derden	1,70	0,849	0,424
D	Herstel door saneerders	1,14	0,574	0,287
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	1,15	0,577	0,288
F	Bewoners	0,740	0,370	0,185

Ventilatievoud

In Bijlage 1 is een minimale waarde voor het ventilatievoud in woningen volgens de norm NEN 2687 bepaald. In veel gevallen zal het daadwerkelijke ventilatievoud hoger liggen. Er zijn ook situaties denkbaar waarbij het ventilatievoud lager ligt, bijvoorbeeld bij een ruimte midden in de woning of bij een huis dat op onjuiste wijze geïsoleerd is. Ook kan de aanwezigheid van het containment de ventilatie tijdens het begin van de werkzaamheden hinderen. Om te bepalen wat de invloed daarvan is, zijn de berekeningen uitgevoerd met een ventilatievoud dat een factor 2 hoger is of juist de helft van het oorspronkelijke ventilatievoud. De resultaten zijn te zien in tabel B2. Als basis is weer het risico bij 100% amfiboolvezels genomen.

Tabel B2 laat zien dat het ventilatievoud een zeer sterke invloed kan hebben op de blootstelling en het risico. Dit is te verklaren doordat de concentratie asbestvezels exponentieel afhankelijk is van het ventilatievoud.

Tabel B2: Gevoeligheid ten opzichte van het ventilatievoud. De tabel laat het resulterende risico zien als het ventilatievoud na openen van het containment verandert met de aangegeven factor ten opzichte van het basisscenario. Voor woningen zijn de resulterende ventilatievouden 0,18 en 0,72; voor industriële omgevingen zijn deze 0,5 en 2.

Scenario		Basis	Ventilatievoud	
			Factor 0,5	Factor 2
		Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]
A	Saneerders woningen	1,15	1,24	1,01
B	Saneerders industrieel	2,30	3,37	1,73
C	Herstel woningen door derden	1,70	2,73	0,735
D	Herstel door saneerders	1,14	1,62	0,596
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	1,15	2,26	0,582
F	Bewoners	0,740	1,74	0,259

Duur werkzaamheden

Ook de duur van de werkzaamheden (en daarmee de blootstelling) is een belangrijke factor in de bepaling van het risico. In tabel B3 wordt het risico bepaald als de werkzaamheden een factor 2 langer duren of juist de helft korter. Daar waar de werkzaamheden al een volledige werkdag (8 uur) duren is uiteraard geen berekening gemaakt voor een langere werktijd. Voor bewoners heft het geen zin om een berekening te maken voor een langere tijd omdat de asbest concentratie dan al ver genoeg is afgenomen. Als basis is weer het risico bij 100% amfiboolvezels genomen.

Tabel B3: Gevoeligheid ten opzichte van de duur van de werkzaamheden. De tabel laat het resulterende risico zien als de duur van de werkzaamheden verandert met de aangegeven factor ten opzichte van het basisscenario.

Scenario		Basis	Duur werkzaamheden	
			Factor 0,5	Factor 2
		Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]	Risico [·10 ⁻⁸]
A	Saneerders woningen	1,15	0,621	2,02
B	Saneerders industrieel	2,30	1,69	n.v.t.
C	Herstel woningen door derden	1,70	1,14	2,10
D	Herstel door saneerders	1,14	0,673	1,70
E	Vervolgwerkzaamheden industrieel	1,15	1,13	n.v.t.
F	Bewoners	0,740	0,730	n.v.t.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag