

Asbest in verhardings-, funderings- en bodemlagen

INHOUD

1	Doel en toepassingsgebied	3
2	Principe	3
3	Termen en definities	5
4	Apparatuur en benodigdheden	6
5	Monstervoorbereiding	7
5.1	<i>Verzamelmonsters S_0 en/of S_1-S_n</i>	7
5.2	<i>Labomonster F</i>	7
6	Analyse	9
6.1	<i>Noodzakelijke gegevens bij monsteroverdracht</i>	9
6.2	<i>Analysetechniek</i>	9
6.3	<i>Kwantitatieve bepaling van het gehalte aan asbest</i>	10
6.3.1	Bepaling in verzamelmonster S_0 (asbestverdachte materialen)	10
6.3.2	Bepaling in verzamelmonster(s) S_1-S_n (asbestverdachte materialen)	12
6.3.3	Bepaling in labomonster F (fijne fractie, <20 mm)	13
6.3.4	Bepaling in totale monster M_T per deellocatie/ruimtelijke eenheid	15
7	Berekeningen	16
7.1	<i>Asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld (verzamelmonster visuele inspectie oppervlak maaiveld S_0)</i>	16
7.1.1	Massa van asbest ter hoogte van het oppervlak maaiveld	16
7.1.2	Gehalte asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld	17
7.2	<i>Berekening concentratie in de grove veldfractie (verzamelmonster S_j uit elke sleuf)</i>	18
7.3	<i>Berekening concentratie in de fijne veldfractie (labomonster)</i>	18
7.4	<i>Berekening totaal gehalte asbest (per deellocatie) in verhardings- funderings- of bodemlagen (verzamelmonster(s) S_j ($j=1$ tot n) + labomonster F)</i>	19
7.5	<i>Afronding</i>	21
7.6	<i>Meetfout : Boven- en ondergrens en 95 % betrouwbaarheidsinterval</i>	21
7.6.1	Boven en ondergrens voor de concentratie in de grove veldfractie	21
7.6.2	Boven en ondergrens voor de concentratie in de fijne veldfractie	22
7.6.3	Boven en ondergrens voor de concentratie in het totale monster	23
8	Kwaliteitscontrole	23
9	Verslag	24
10	Referenties	25
	BIJLAGE A	26

1 DOEL EN TOEPASSINGSGBIED

Deze procedure vervangt de procedure van december 2013.

Het doel van deze procedure is het vaststellen van het gehalte, de soort (chrysotiel, amosiet, crocidoliet, **vezelvormig antophylliet, vezelvormig actinoliet, vezelvormig tremoliet**) en de hechtgebondenheid van asbest in verhardings-, funderings- en/of bodemlagen van asbestverdachte zones.

In deze procedure worden de richtlijnen vastgelegd omtrent de analyse van asbest van de monsters die worden genomen volgens de bemonsteringsstrategie en visuele inspectie beschreven in de CMA/1/A.20.

Het resultaat van deze procedure is een berekening van het totaal gehalte asbest in verhardings-, funderings- of bodemlagen van een onderzochte deellocatie of ruimtelijke eenheid in een asbestverdachte zone. Dit totaal gehalte wordt berekend aan de hand van een gewogen gemiddelde van het gehalte aan hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest in de monsters. Het gehalte asbest (in mg per kg droge stof) in de stalen afkomstig van verhardings- en funderingslagen kan vervolgens getoetst worden aan de wettelijke normwaarde voor asbestvezels in gerecycleerde granulaten. **Voor asbest in bodem bestaat momenteel nog geen wettelijke normwaarde. De normwaarde voor asbestvezels in gerecycleerde puingranulaten kan als een toetsingswaarde voor bodem gehanteerd worden.**

Tevens kan de hoeveelheid, en desgevallend, een gehalte asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld bepaald worden.

Deze analyse wordt uitgevoerd door een erkend laboratorium in de discipline afvalstoffen en andere materialen, pakket A.7 (asbest).

2 PRINCIPE

De monsterneming voor deze analyse dient uitgevoerd te worden conform CMA/1/A.20. De monsternemer of monsternemingsinstantie levert een labomonster F, en, indien beschikbaar, een verzamelmonster S_0 en/of n verzamelmonsters S_1 - S_n aan een erkend laboratorium in de discipline afvalstoffen en andere materialen, pakket A.7 (asbest).

In sommige gevallen wordt een volledig veldmonster overgedragen aan het analyselaboratorium (bijv. in geval van tegenanalyse, in geval de veldomstandigheden een voorafzeving ter plaatse niet toelaten). In dat geval dient het erkend laboratorium de opsplitsing in grove en fijne fractie (voorafzeving) conform CMA/1/A.20 §5.2 bijkomend uit te voeren.

De monstervoorbereiding, kwalitatieve bepaling en berekeningen van het gehalte asbest per deellocatie of ruimtelijke eenheid (inclusief meetfout) wordt door het laboratorium in zijn geheel uitgevoerd. Indien de monsterneming door een andere instantie worden uitgevoerd, worden de nodige gegevens met betrekking tot de visuele inspectie van het oppervlak/maaiveld en de natgewichten van de grove en fijne fractie van n sleuf(gat)monsters overgedragen via een veld- of bemonsteringsverslag van de monsternamen of via een analyse-opdracht.

De analyse bestaat uit 3 stappen, welke steeds gescheiden worden uitgevoerd:

- a) de analyse van het verzamelmonster oppervlak/maaiveld (S_0) en/of

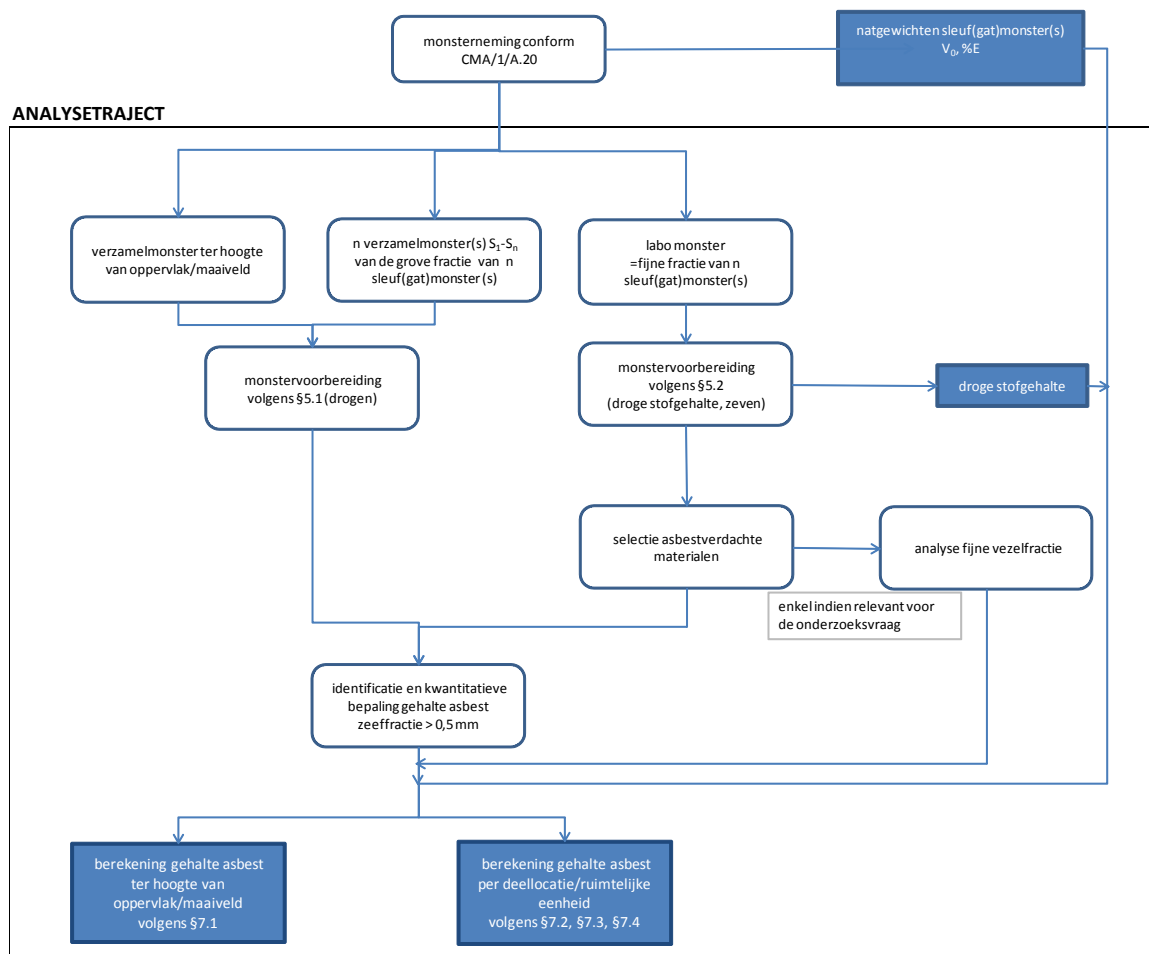
- b) de analyse van de verzamelmonster(s) S_j ($j=1$ tot n) uit n sleuven(gaten) en
- c) de analyse van het labomonster F.

Het analysetraject wordt schematisch weergegeven in Figuur 1.

Het labomonster F wordt opgesplitst in verschillende zeeffracties van het labomonster F, welke afgezocht worden naar het voorkomen van asbestverdachte materialen. De verzamelmonsters S_0 en/of S_1-S_n worden rechtstreeks in analyse genomen worden.

De kwalitatieve analyse van de asbestverdachte deeltjes worden per monster of zeeffractie uitgevoerd volgens NEN5896. Deze analysemethode is gebaseerd op de kwalitatieve analyse van asbest met lichtmicroscopie (stereo- en polarisatiemicroscopie). Het asbestgehalte (massapercentage) van de asbesthoudende materialen wordt visueel geschat door vergelijking met een referentiemateriaal met een gekend asbestgehalte en een gelijkende matrix.

Bij het voorkomen van significante hoeveelheden vrije asbestvezels, kan in het kader van een beoordeling van het blootstellingrisico (zie OBO/BBO asbest) of het onderzoek naar de effectiviteit van een reinigingsproces, de fijne vezelfractie (vrije asbest) worden onderzocht.



Figuur 1 : Analyse schema

De verzamelmonsters uit sleuven/gaten worden steeds afzonderlijk geanalyseerd en het gehalte wordt per sleuf afzonderlijk gerapporteerd. Dit geeft belangrijke informatie i.v.m. de ruimtelijke spreiding van de asbestverontreiniging. Het gehalte van het verzamelmonster van de visuele

inspectie ter hoogte van het oppervlak/maaiveld wordt in deze methode niet bij het totaal gehalte asbest per deellocatie of ruimtelijke eenheid geteld omdat de berekening afhankelijk is van meerdere schattingen en veronderstellingen (oa. laagdikte van het geïnspecteerde oppervlak, inspectie-efficiëntie). Het gehalte wordt steeds afzonderlijk bepaald en gerapporteerd.

Het totale asbestgehalte van een deellocatie of ruimtelijke eenheid wordt bepaald op basis van het asbestgehalte van de verzamelmonster(s) S_j ($j=1$ tot n) (i.e. de grove fractie van een gat/sleuf) en het asbestgehalte van het labomonster F (i.e. fijne fractie).

3 TERMEN EN DEFINITIES

- Asbest: mineralogische vezelnaam die bepaalde (metaal)silicaten beschrijft die behoren tot de mineralogische groep van de serpentijn- en de amfiboolmineralen en die zijn uitgekristalliseerd in de zogenoemde asbestiforme vorm. De mineralen die onder deze definitie vallen zijn: chrysotiel, crocidoliet, amosiet, vezelvormig anthophylliet, vezelvormig actinoliet en vezelvormig tremoliet.
- Verzamelmonster: verzameling van alle asbestverdachte materialen (>20 mm) afkomstig van de visuele inspectie van het oppervlak/maaiveld van het terrein (S_0) of afkomstig van de visuele inspectie van de grove fractie van het opgegraven materiaal van één gat/sleuf (S_j met $j=1$ tot n);
- Grove fractie: de fractie van een monster die groter is dan 20 mm;
- Fijne fractie: de fractie van een monster die gelijk is aan of kleiner is dan 20 mm;
- labomonster: is samengesteld uit de fijne fractie (<20 mm) van het opgegraven materiaal afkomstig van verschillende sleuf(gat)monsters. Deze fijne fracties worden in het veld gereduceerd tot een representatief labomonster van 10 l.
- Hechtgebondenheid: factor die aangeeft hoe goed (slecht) de asbestvezels in een materiaal zijn gebonden.
- Niet-hechtgebonden asbest: asbest in een product waarvan de asbestvezels niet of slecht ingesloten zijn in een matrix.
- Hechtgebonden asbest: asbest in een product waarvan de asbestvezels zij ingesloten in een matrix.
- Asbesthoudend materiaal: materiaal dat asbest bevat.
- Asbestverdacht materiaal: materiaal dat op basis van voorkennis en/of een beoordeling met het blote oog mogelijk asbest bevat.
- Stereomicroscopie : een microscoop die twee objectieven en twee oculairen heeft, een voor elk oog, om de gebruiker een stereoscopisch beeld te geven waarin diepte wordt gezien.
- Morfologie : structuur en vorm van materialen op microscopische schaal
- Matrix : term voor het materiaal dat als raamwerk dient waarin asbest is verwerkt
- Brekingsindex : de verhouding tussen de fasesnelheid van het licht in vacuüm c en de fasesnelheid v van het licht in een medium. Verschillen in brekingsindex spelen een rol bij onder andere het verschijnsel breking en wordt weergegeven door n of N_D^{25} (breking bij golflengte 589 nm en temperatuur van 25 °C).
- Dispersie : kleurschifting waarbij de voortplantingssnelheid van een golf afhankelijk is van de frequentie (en dus ook van de golflengte) en de variatie weergeeft van de brekingsindex met de golflengte van het licht
- Dispersiekleuring : een kleuring die optreedt wanneer een object dat in een vloeistof (vb dispersievloeistof) is gebracht waarvan de brekingsindex voor een bepaalde golflengte overeenkomt met die van het object, maar waarvan de dispersie hoger is dan die van het object.

4 APPARATUUR EN BENODIGDHEDEN ¹

Benodigheden voor de voorafzeving en visuele inspectie (indien gevraagd door opdrachtgever)

- 4.1 mobiele zeef (> 20 mm) voor het afscheiden van de grove fractie in het veld (facultatief)
- 4.2 hark met opening van tanden max. 20 mm voor het afscheiden van de grove fractie (enkel toegelaten voor bodemlagen) in het veld
- 4.3 grove balans of weeghaak (d= 100 g; tot ca. 60 kg)
- 4.4 spleetverdeler met spleetgrootte min. 40 mm, of benodigheden en infrastructuur om te kwarteren
- 4.5 sproei- of vernevelaar (indien stofvorming tijdens de voorafzeving optreedt)
- 4.6 werkwater (voldoende zuiver water: drinkwater of gelijkwaardig)
- 4.7 hersluitbare plastic zakken (zip lock) voor het verpakken van asbestverdachte materialen bij na voorafzeving en visuele inspectie (verzamelmonster)
- 4.8 emmers met deksel of stevige plastic zakken met afsluiters voor het labomonster.

Benodigheden voor de monstervoorbereiding

- 4.9 zeeftoestel met regelbare amplitude en zeven met een maaswijdte van respectievelijk : 20 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm
- 4.10 weegapparatuur:- grove balans (d= 10 g; tot ca. 60 kg);
- bovenweger (d = 0,1 g; tot ca. 1,6 kg);
- analytische balans (d=0,1 mg; tot circa. 200 g).
- 4.11 droogstoof met luchtcirculatie en afzuiging, instelbaar op (105 ± 5)°C.
- 4.12 vlakke bakken of schalen voor het drogen van monsters
- 4.13 gereedschap voor het zeven : harde borstel, houten spatel, trechter, monsterschep, potten met een inhoud van 0.5 l, plastic petrischalen, grove puntpincetten.
- 4.14 Spleetverdeler met spleetbreedte min. 10 mm

Benodigheden voor de bepaling van de kwantitatieve bepaling van asbest

- 4.15 aansteker of brander
- 4.16 afzuigkast voorzien van een absoluutfilter en een luchtsnelheid van tenminste 0,5 m/s. De effectiviteit van zowel het filter als de kast moet regelmatig worden gecontroleerd. Omwille van de temperatuursafhankelijkheid van de dispersievloeistoffen, wordt de analyse uitgevoerd in een ruimte met constante temperatuur tussen 19 °C en 25 °C. Een luchtdichte "handschoenkast" kan ook worden gebruikt. De afstand tussen de plaats van drogen, wegen, zeven en monsterpreparatie wordt best zo klein mogelijk gehouden.
- 4.17 prepareergereedschap: nijptang, pincet en hamer.
- 4.18 stereomicroscop (vergroting 5x tot 40x) en polarisatiemicroscop (Köhlerverlichting) met oculairs (vergroting van 8x of groter) ; objectieven (vergroting 10x (minimale NA=0,2)) en McCrone dispersieobjectief (vergroting 10x) met "central-stop".
- 4.19 reële referentiematerialen van de standaard asbestsoorten met wisselend gehalte asbest
- 4.20 dispersievloeistoffen met brekingsindices van alle commercieel voorkomende asbestsoorten (1.550, 1.670, 1.700, 1.605, 1.605-1.580)
- 4.21 warm zoutzuur 1M

¹ Voor een uitgebreide beschrijving van de apparatuur en benodigheden wordt verwezen naar NEN 5898:2015 (§4).

Benodigheden voor de analyse van de fijne vezelfractie

- 4.22 schudmachine met regelbare amplitude
- 4.23 gedemineraliseerd stofvrij water, gedistilleerd water of water met een zelfde zuiverheid ($5 < \text{pH} < 7$).
- 4.24 filtreerapparatuur geschikt voor een filtratie over membraanfilters met een diameter van 25 mm, welke kan voorzien in een homogene stofverdeling over de filter. Hiervoor wordt een filtreerinstallatie met glazen vacuüm-filterhouder (25 mm, 30 ml), PTFE-ring en glas frit filterondersteuning voorgesteld. De membraanfilter wordt ondersteund door een glasvezelfilter om een homogene verdeling over de filter te verzekeren.
- 4.25 fijne en grove puntpincetten; platbepincetten
- 4.26 object- en dekglasjes
- 4.27 cellulose-ester membraanfilters of gecoate Nuclepore filters met poriegrootte van 0,2 μm , resp. 0,8 μm met een filterdiameter van 25 mm
- 4.28 petrischaaltjes en hersluitbare zakjes
- 4.29 scanning (of transmissie)-elektronenmicroscop

5 MONSTERVEROORBEREIDING

5.1 VERZAMELMONSTERS S_0 EN/OF S_1-S_n

De monsters S_0 en/of S_1-S_n bestaan uitsluitend uit asbestverdachte materialen die tijdens de monsterneming (CMA/1/A.20) respectievelijk aan het oppervlak/maaiveld (S_0) en/of uit de grove fracties (>20 mm) van n sleuven ($n \cdot S_n$) werden verzameld.

Deze monsters worden steeds afzonderlijk voorbereid en geanalyseerd. In geen geval mogen materialen van verschillende verzamelmonsters bij elkaar gevoegd worden.

Droog de materialen (per verzamelmonster) tot constant gewicht bij 105°C. Verwijder eventueel aanklevende gronddeeltjes met een spatel of borstel.

Bij afwezigheid van verzamelmonster(s) S_1-S_n moet de afwezigheid ervan bevestigd worden in het analyseverslag.

5.2 LABOMONSTER F

Het labomonster F moet 10 liter (min. 10 kg veldvochtig materiaal) bevatten, en wordt geheel in bewerking genomen. Voorafgaand aan de analyse dient er een zeefstap uitgevoerd te worden. Deze kan uitgevoerd worden via droog zeven (zie punt a tot b), of via nat zeven (zie §6.3.3 van NEN 5898:2015).

OPMERKING

Droog zeven is toepasbaar op gerecycleerde granulaten en zand- of humusrijke grond, maar is minder geschikt voor klei- en leemgrond of slib. Nat zeven is geschikt voor alle typen grond, maar is door zijn bewerkelijkheid alleen zinvol wanneer droog zeven niet kan worden toegepast.

a) Bepaling droge stofgehalte

Het droge stofgehalte van het labomonster F wordt bepaald in het laboratorium na drogen tot constant gewicht bij $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Breng het gehele labomonster over in metalen bakken of schalen, welke vooraf gedroogd, afgekoeld en gewogen werden (m_b). Weeg daarna de bakken met het veldvochtig monster (m_{va}).

Droog het labomonster door verhitting bij een temperatuur van $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ totdat de massa constant is. Laat het gedroogde analysemonster afkoelen, weeg het en noteer de massa (m_a).

OPMERKING

In vele gevallen kan een constante massa worden bereikt nadat het analysemonster is gedroogd gedurende een van tevoren vastgestelde periode in een gespecificeerde oven bij $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Laboratoria kunnen zelf bepalen welke tijd nodig is om een constante massa te bereiken voor gespecificeerde typen en afmetingen van monsters, afhankelijk van de droogcapaciteit van de gebruikte oven. **De gekozen droogtijd moet aantoonbaar en beheerst zijn.**

Het droge stofgehalte $\%DS_F$ wordt als volgt berekend:

$$\%DS_F = \frac{m_a - m_b}{m_{va} - m_b} \times 100$$

Waarin:

- $\%DS_F$ droge stofgehalte van labomonster F, in m%
 m_a massa van het gedroogde labomonster F, in kg ds
 m_{va} massa van het veldvochtige labomonster F, in kg
 m_b massa van de droge, afgekoelde recipiënt, in kg

b) Zeven

Het gehele labomonster F wordt droog gezeefd. In geval het monster kleigrond bevat kan worden overwogen om nat te zeven (zie §6.3.3 van NEN 5898:2015).

Zeef het monster af in één of meerdere stappen over zes zeven met een maaswijdte van 20, (16) Error! Bookmark not defined., 8, 4, 2, 1 en 0,5 mm. Hierbij worden volgende zeeffracties f bekomen:

- >20 mm
- 8-20 mm
- 4-8 mm
- 2-4 mm
- 1-2 mm
- 0,5-1 mm
- <0,5 mm.

De grootte van een deelfractie mag niet te groot zijn waardoor het zeefproces wordt belemmerd door het dichtslibben van de zeven. Bij het voorkomen van grondklonters kunnen deze worden verkleind d.m.v. bv. een spatel.

Elke zeeffractie wordt overgebracht in vooraf gewogen recipiënten. Weeg de verschillende zeeffracties af en noteer afzonderlijk de gewichten (F_f).

OPMERKING

Indien in het monster veel plantaardig of ander organisch materiaal aanwezig is, kan de herkenning van asbesthoudende deeltjes in de zeeffracties <4mm worden bemoeilijkt. In deze gevallen moet het organisch materiaal verwijderd worden door deze te verassen. Raadpleeg NEN 5898:2015 (§3.4) voor de werkwijze.

6 ANALYSE

6.1 NOODZAKELIJKE GEGEVENS BIJ MONSTEROVERDRACHT

Een kopie van het veld- of bemonsteringsverslag, of minimaal een analyseopdracht met vermelding van:

- het volume V_0 van het geïnspecteerde oppervlak/maaiveld of de oppervlakte (O_0) en de laagdikte d_0 van het geïnspecteerde oppervlak/maaiveld en de aard van de geïnspecteerde laag (gerecycleerde granulaten, bodem, verdicht/niet-verdicht onbewerkt puin) met een geschatte dichtheid n_s en de vastgestelde inspectie-efficiëntie %E
- de (nat)gewichten van de fijne fractie(s) $M_{f,n}$ en grove fractie(s) $M_{g,n}$ van het/de sleuf(gat)monster(s)

Deze gegevens zijn vereist voor uitvoering van de analyse (§6.3) en hieruit voortvloeiende berekeningen (§7).

6.2 ANALYSETECHNIEK

De verzamelmonsters worden rechtstreeks geanalyseerd of gekarakteriseerd op aanwezigheid van asbest. Het labomonster F wordt eerst opgesplitst in zeeffracties. Deze zeeffracties worden eerst onderzocht op aanwezigheid van asbestverdachte materialen met het ongewapende oog (> 4mm) of via stereomicroscopie (2-4, 2-1, 0,5-1 mm). De asbestverdachte deeltjes hierin worden eveneens geanalyseerd op aanwezigheid van asbest.

De aanwezigheid van asbest in de asbestverdachte materialen in het(de) verzamelmonster(s) en/of in de zeeffracties van het labomonster wordt bepaald door middel van lichtmicroscopie in gepolariseerd licht (polarisatiemicroscopie). Met deze techniek zijn vezels te identificeren door bepaling van zowel de morfologie als de kenmerkende optische eigenschappen zoals brekingsindex, dubbelbreking, dispersie en het gedrag in gepolariseerd licht. Voor de identificatie van de asbestsoorten in de verzamelde materialen kan gebruik gemaakt worden van de normmethode MDHS 77 of de normmethode NEN 5896:2003. Materialen waarin asbest geïdentificeerd werd, worden vanaf dit moment als asbesthoudend gekwalificeerd.

Tevens wordt een schatting gemaakt van het percentage asbest van de diverse asbesthoudende materialen op basis van gewichtsprocenten, door vergelijking met referentiemonsters met een bekende samenstelling en een vergelijkbare matrix. Hierbij worden de volgende gewichtsklassen aangehouden (in massaprocenten): 0,1 - 2 / 2 - 5 / 5 - 10 / 10 - 15 / 15 - 30 / 30 - 60 / 60 - 100. De schatting moet zo nauwkeurig mogelijk worden uitgevoerd daar er bij de concentratiebepaling gebruik wordt gemaakt van deze resultaten. Wanneer door vergelijking met referentiemonsters een meer nauwkeurige schatting van het asbestpercentage kan worden gemaakt is dit toegelaten. In Tabel 2 in bijlage is een opsomming gegeven van asbesthoudende materialen, met uiterlijke kenmerken en de asbestpercentages. Bij de schatting van massapercentages aan asbest in de verzamelde asbesthoudende materialen kunnen bij twijfel de percentages in de tabel worden aangehouden.

Het resultaat van deze karakterisering is telkens een massa m_k van een asbesthoudend materiaal van klasse k die asbestsoort(en) i bevat en een bijhorend massapercentage $\%_{k,i}$ per asbestsoort.

Bij sommige monsters (vb. vloertegels, dakvilt en specifieke cementproducten) worden speciale monstervoorbereidingen gebruikt (verassen, solvent of zuurextractie) om de vezels te isoleren van de matrix. In deze gevallen is het aangeraden om het gewichtsverlies, te wijten aan de monstervoorbereiding, te noteren en een volume naar gewicht percentage correctie door te voeren.

Vervolgens wordt een schatting gemaakt van de hechtgebondenheid van de asbesthoudende deeltjes. Hechtgebonden materialen zijn in de regel alle cementgebonden producten en kunststofgebonden materialen zoals bakeliet, colovynyl en kunststofgebonden pakkingsmaterialen. Niet-hechtgebonden materialen zijn onder meer asbestkoord, spuitasbest, asbestkarton, asbesthoudend zachtboard (brandwerend board), pakkingsmaterialen (niet kunststofgebonden) en losse vezelbundels en vezels. Een overzicht van deze materialen wordt weergegeven in Tabel 2.

Bij de bepaling van de hechtgebondenheid dient de analist volgende vuistregels te hanteren:

- brokstukjes met een cement- of kunststofmatrix die duidelijk afkomstig zijn van hechtgebonden materiaal in de fracties >4 mm moeten als hechtgebonden worden gekenmerkt.
- materiaal met een massapercentage boven de 60% wordt meestal als niet-hechtgebonden gekenmerkt
- pincetest : indien het materiaal d.m.v. de pincetpunten verpulverd kan worden, wordt het materiaal als niet-hechtgebonden beschouwd.

Bij de karakterisering van de asbesthoudende deeltjes worden telkens de deeltjes die als hechtgebonden en niet-hechtgebonden worden beschouwd, aangeduid. Nadien kunnen de concentraties hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest per monster/zeeffractie gesommeerd worden.

De zeeffractie < 500 µm van het labomonster wordt enkel (kwalitatief) onderzocht via stereomicroscopie indien er in de zeeffracties > 4 mm niet-hechtgebonden asbesthoudende materialen zijn aangetroffen en er geen bepaling van de fijne vezelfractie wordt uitgevoerd. De fijne vezelfractie (<500µm) wordt facultatief bepaald, enkel indien relevant voor de onderzoeksvraag (zie §2).

Daarnaast dient ook telkens het drooggewicht van de oorspronkelijke sleuf(gat)monster(s) (groe fractie >20mm en fijne fractie <20mm) bepaald te worden aan de hand van de overgedragen natgewichten en het droge stofgehalte %DS_F dat bepaald werd op het labomonster F.

6.3 KWANTITATIEVE BEPALING VAN HET GEHALTE AAN ASBEST

6.3.1 BEPALING IN VERZAMELMONSTER S₀(ASBESTVERDACHTE MATERIALEN)

a) Drooggewicht van de geïnspecteerde verhardings-, funderings-, of bodemlaag (facultatief)

Het gehalte asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld wordt in deze methode steeds afzonderlijk gerapporteerd onder de vorm van massa van asbesthoudende deeltjes (zie §7.1). Dit gehalte wordt niet in het totale gehalte asbest per deellootatie/ruimtelijke eenheid verrekend omdat de berekening van het gehalte asbest in mg/kg ds (concentratie) in grote mate afhankelijk is van de schatting van de dikte van de geïnspecteerde laag.

Facultatief kan het gehalte asbest in mg/kg ds (concentratie) berekend worden (zie §7.1.2), en dient het drooggewicht van de geïnspecteerde verhardings-, funderings-, of bodemlaag bepaald te worden.

Het massa van de geïnspecteerde laag M_0 (in kg droge stof) wordt berekend op basis het volume van de geïnspecteerde laag (V_0), de dichtheid van het materiaal in de laag (d_0) en het droge stofgehalte (% DS_F) van labomonster F.

Voor berekening van het volume V_0 wordt rekening gehouden met de onderzochte oppervlakte van de deellootatie (O_0) en de laagdikte (d_0).

Het drooggewicht van de geïnspecteerde verhardings-, funderings –of bodemlaag ter hoogte van het oppervlak M_0 kan vervolgens als volgt berekend worden:

$$M_0 = 1000 \times V_0 \times n_s \times \frac{\%DS_F}{100}$$

waarin :

V_0 het volume van de geïnspecteerde puinlaag aan het oppervlak, zoals bepaald tijdens het bemonsteringsluik in CMA/1/A.20, in m^3

n_s de dichtheid² van gerecycleerde granulaten of van bodem in een verhardings-, funderings- of bodemlaag, in kg/dm^3

% DS_F droge stofgehalte van labomonster F, in m%

b) Gehalte asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld

Het verzamelmonster S_0 wordt na §5.1 geanalyseerd of gekarakteriseerd op aanwezigheid van asbest door middel van lichtmicroscopie in gepolariseerd licht (polarisatiemicroscopie) volgens NEN 5896 (zie ook §6.2).

De materialen die als asbesthoudend werden gekarakteriseerd, worden verdeeld in verschillende klassen (k) met dezelfde soort(en) (i) en massapercentage(s) asbest(% k_i).

Opmerking: Bijvoorbeeld asbestcement met 10-15% chrysotiel, asbestcement met 10-15% chrysotiel en 2-5% crocidoliet, boardmateriaal met 40-60% amosiet, etc.

Het gewicht van elke klasse asbesthoudende deeltjes (m_k) wordt bepaald met een bovenweger ($d=1$ mg).

Maak vervolgens een schatting van de hechtgebondenheid van de aangetroffen asbesthoudende materialen (zie ook §6.2). Vergelijk de hechtgebondenheid met een lijst referentiematerialen met gekende hechtgebondenheid volgens NEN 5896. Tabel 2 kan als hulpmiddel gebruikt worden bij de bepaling van de hechtgebondenheid van materialen. Duid hechtgebonden en niet-hechtgebonden deeltjes aan.

²De dichtheid n_s van gerecycleerde granulaten en bodem ligt tussen 1500 – 2000 kg/m^3 . Voor verdicht materiaal dat reeds is toegepast als verhardings- of funderingslaag is de dichtheid 2000 kg/m^3 .

6.3.2 BEPALING IN VERZAMELMONSTER(S) S_1 - S_n (ASBESTVERDACHTE MATERIALEN)**a) drooggewicht van de grove fractie M_G afkomstig van n sleuf(gat)monster(s)**

Het totaal natgewicht van de grove fractie (>20mm) afkomstig uit n sleuven/gaten (M_g) per deellocatie of ruimtelijke eenheid wordt berekend door de natgewichten van de respectieve grove fracties van de verschillende sleuven ($M_{g,j}$) (j=1 tot n) bij elkaar op te tellen:

$$M_g = \sum_j M_{g,j}$$

Het drooggewicht van de totale **grove fractie** (M_G) afkomstig van n sleuf(gat)monsters moet worden bepaald door het totaal natgewicht van de grove fractie uit n sleuven/gaten (M_g) te vermenigvuldigen met het droge stofgehalte $\%DS_F^{(3)}$ bepaald op basis van het labomonster F, volgens:

$$M_G = M_g \times \left(\frac{\%DS_F}{100} \right)$$

waarin :

M_G drooggewicht van de grove fractie afkomstig van n sleuf(gat)monsters, in kg ds

M_g natgewicht van de grove fractie afkomstig van n sleuf(gat)monsters op locatie, in kg

$\%DS_F$ droge stofgehalte van labomonster F, in m%

b) bepaling asbestgehalte in de verzamelmonsters

De verzamelmonsters S_1 - S_n worden na §5.1 (per monster afzonderlijk) geheel geanalyseerd of gekarakteriseerd op aanwezigheid van asbest door middel van lichtmicroscopie in gepolariseerd licht (polarisatiemicroscopie) volgens NEN 5896 (zie ook §6.2).

De materialen die als asbesthoudend werden gekarakteriseerd, worden verdeeld in verschillende klassen (k) met dezelfde soort(en) (i) en massapercentage(s) asbest ($\%_{k,i}$).

Opmerking: Bijvoorbeeld asbestcement met 10-15% chrysotiel, asbestcement met 10-15% chrysotiel en 2-5% crocidoliet, boardmateriaal met 40-60% amosiet, etc.

Het gewicht van elke klasse asbesthoudende deeltjes (m_k) wordt bepaald met een bovenweger (d=1 mg).

Maak vervolgens een schatting van de hechtgebondenheid van de aangetroffen asbesthoudende materialen (zie ook §6.2). Vergelijk de hechtgebondenheid met een groep referentiematerialen met gekende hechtgebondenheid volgens NEN 5896. Tabel 2 kan als hulpmiddel gebruikt worden bij de bepaling van de hechtgebondenheid van materialen. Duid de hechtgebonden en niet-hechtgebonden deeltjes aan.

³Ter vereenvoudiging van het analyseproces wordt in deze methode het droge stofgehalte van labomonster F representatief gesteld voor het droge stofgehalte van de grove veldfracties afkomstig van n sleuf(gat)monster(s).

6.3.3 BEPALING IN LABOMONSTER F(FIJNE FRACTIE, <20 MM)a) drooggewicht van de fijne fractie M_f afkomstig van n sleuf(gat)monster(s)

Het totaal natgewicht van de fijne fracties (<20mm) afkomstig uit n sleuven/gaten (M_f) per deellocatie of ruimtelijke eenheid wordt berekend door de natgewichten van de respectieve fijne fracties van de afzonderlijke sleuven ($M_{f,j}$) (j=1 tot n) bij elkaar op te tellen:

$$M_f = \sum_j M_{f,j}$$

Het drooggewicht van de totale **fijne fractie** < 20 mm (M_f) afkomstig van n sleufgatmonsters kan worden bepaald aan de hand van het droge stofgehalte %DS_F van labomonster F volgens :

$$M_F = M_f \times \left(\frac{\%DS_F}{100} \right)$$

waarin :

M_F drooggewicht van de fijne fractie afkomstig van sleuf(gat)monsters, in kg ds

M_f natgewicht van de fijne fractie afkomstig van n sleuf(gat)monsters, in kg

%DS_F droge stofgehalte van labomonster F, in m%

b) bepaling asbestgehalte in het labomonster

De bepaling van het gehalte asbest in de zeeffractie van het labomonster F wordt na §5.2 als volgt uitgevoerd:

- **De zeeffracties > 4 mm** worden (afzonderlijk) in een dunne laag uitgespreid in een schaal of lage bak zodat er geen deeltjes op of over elkaar liggen. Deze zeeffractie wordt met het ongewapende oog onderzocht naar asbestverdachte deeltjes. De asbestverdachte deeltjes worden met behulp van polarisatiemicroscopie nader onderzocht op de aanwezigheid van asbest. Deze bepaling wordt uitgevoerd conform MDHS 77 (NIOSH 9002) of NEN 5896:2003. Niet asbesthoudende deeltjes worden niet verder onderzocht.

De materialen die als asbesthoudend werden gekarakteriseerd, worden verdeeld in verschillende klassen (k) met dezelfde soort(en) (i) en massapercentage(s) asbest (%_{k,i}) door vergelijking met referentiemonsters met een bekende samenstelling en een vergelijkbare matrix (zie NEN 5896:2003 en Tabel 2). Hierbij worden de volgende gewichtsklassen aangehouden (in massaprocenten): 0,1 - 2 / 2 - 5 / 5 - 10 / 10 - 15 / 15 - 30 / 30 - 60 / 60 - 100 m%.

Opmerking: Bijvoorbeeld asbestcement met 10-15% chrysotiel, asbestcement met 10-15% chrysotiel en 2-5% crocidoliet, boardmateriaal met 40-60% amosiet, etc.

Het gewicht van elke klasse asbesthoudende deeltjes (m_k) wordt bepaald met een bovenweger (d=1 mg).

Maak vervolgens een schatting van de hechtgebondenheid van de aangetroffen asbesthoudende materialen (zie ook §6.2). Vergelijk de hechtgebondenheid met een groep referentiematerialen met gekende hechtgebondenheid volgens NEN 5896. Tabel 2 kan als hulpmiddel gebruikt worden bij de bepaling van de hechtgebondenheid van materialen. Duid hechtgebonden en niet-hechtgebonden deeltjes aan.

Tot het labomonster F behoren in principe enkel de zeeffracties <20 mm. De zeeffracties >20 mm behoren tot de grove fractie van het (de) sleuf(gat)monster(s) welke ter plaatse werd(en) onderzocht op aanwezigheid van asbestverdachte materialen (zie CMA/1.A.20), tenzij anders vermeld of gevraagd werd op de analyseopdracht of het veld- of bemonsteringsverslag bij het monsters. Indien toch nog asbesthoudende materialen > 20 mm worden teruggevonden in de fractie F, moet dit worden gerapporteerd en moet de oorzaak van deze afwijking onderzocht worden.

- **De zeeffracties (f) 2-4 mm, 1-2 mm en 0,5-1 mm** worden met behulp van stereomicroscopie onderzocht naar asbestverdachte deeltjes en -vezelbundels. Het is niet noodzakelijk om steeds de volledige zeeffracties te onderzoeken: respectievelijk 100% (max. 1 kg), 20% (max. 0,5 kg) en 5% (max. 0.2 kg) van de totale zeeffractie 2-4 mm, 1-2 mm en 0.5-1 mm is voldoende. **De deelmonsternamen van deze zeeffracties worden uitgevoerd met behulp van een spleetverdeler 4.16, of door minimaal 20 scheppen verspreid over het oppervlak van de in een dunne laag uitgespreide zeeffractie, te nemen.**

Weeg het de te onderzoeken deel van de respectieve zeeffracties af (F_0) en spreid in een dunne laag uit in evenveel petrischalen. De (delen van de) zeeffracties worden stereomicroscopisch onderzocht bij een vergroting van respectievelijk 5x, 10x en 15x.

De asbestverdachte deeltjes in de respectieve zeeffracties worden vervolgens bij een hogere vergroting (>30x) nader onderzocht met behulp van polarisatiemicroscopie en/of rasterlektronenmicroscopie in combinatie met röntgenmicroanalyse (REM/RMA) op de aanwezigheid van asbest.

Vergelijk de asbesthoudende deeltjes <4 mm met de grotere stukken (>4 mm) die eerder in dit onderzoek zijn gekarakteriseerd. De deeltjes worden verdeeld in verschillende klassen (k), waarbij dezelfde klassen worden aangehouden als de delen >4 mm. Schat het massapercentage ($\%_{k,i}$) van de soort(en) (i) asbest in de deeltjes. In principe wordt hetzelfde massapercentage aangehouden als de grotere stukken asbesthoudend materiaal (>4 mm) van dezelfde klasse. Deeltjes die niet kunnen toegewezen tot één van de klassen asbesthoudende materialen worden die eerder in de fractie >4 mm werden gekarakteriseerd, of waarover twijfel bestaat omtrent de aanwezigheid van asbest, moeten worden gekarakteriseerd volgens NEN 5896.

Maak een schatting van de hechtgebondenheid van de aangetroffen asbesthoudende deeltjes (zie ook §6.2). Vergelijk de hechtgebondenheid met de grotere stukken asbesthoudend materiaal (>4 mm) van dezelfde klasse.

Asbesthoudende brokstukken en stukjes met een cement- of kunststofmatrix die duidelijk afkomstig zijn van hechtgebonden stukken asbesthoudend materiaal in de zeeffractie >4 mm, moeten als hechtgebonden worden gekenmerkt. Deeltjes die afkomstig zijn van asbestkoord, asbestkarton, asbesthoudende zachtboard (brandwerend board), pakkingsmaterialen (niet kunststofgebonden) of losse vezelbundels en vezels zonder matrix moeten als niet-hechtgebonden worden gekarakteriseerd.

Het gewicht van hechtgebonden ($m_{F1-n,h,i}$) en niet-hechtgebonden asbest ($m_{F1-n,nh,i}$) in deze zeeffractie wordt bepaald met een bovenweger ($d=1\text{mg}$). Duid tevens het aantal hechtgebonden en niet-hechtgebonden deeltjes in deze zeeffractie aan.

Beëindig de analyse van een zeeffractie indien het te onderzoeken deel van de zeeffractie volledig onderzocht is, of wanneer tenminste 50 asbesthoudende deeltjes werden aangetroffen. Onderzoek de (petri)schaal waarin het 50^e deeltje werd aangetroffen nog verder, en bepaal de

massa van het onderzochte deel van de zeeffractie in kwestie (F_0). Het toegepaste stopcriterium moet gedocumenteerd worden in het analyseverslag.

- De **zeeffractie < 500 μm** wordt enkel onderzocht indien er in de zeeffracties > 4 mm niet-hechtgebonden asbesthoudende materialen zijn aangetroffen en er geen bepaling van de fijne vezelfractie wordt uitgevoerd.

Aangezien een kwantitatieve bepaling van de zeeffractie <500 μm praktisch gezien onmogelijk is, wordt deze zeeffractie enkel kwalitatief beoordeeld.

Voor de kwalitatieve beoordeling van de zeeffractie < 500 μm wordt ca. 10 g van deze zeeffractie verast bij 430 °C +/- 10 °C gedurende 6 h. De restfractie wordt uitgestrooid op een aantal transparante petrischalen en kwalitatief onderzocht m.b.v. stereomicroscopie bij een vergroting van 30x. Op basis van typische asbestkenmerken (lengtesplijting en kleur) wordt het aantal asbestverdachte vezels per asbestsoort genoteerd.

Indien relevant voor de onderzoeksvraag⁴ kan **de fijne vezelfractie** (<500 μm) worden bepaald. De bepaling van de hoeveelheid vrije vezels in het labomonster C_r wordt uitgevoerd volgens NEN5897:2015 §6.4.5.

c) Controle van de zeeffracties (terugvinding asbesthoudende materiaaldeeltjes)

Twee onderzochte zeeffracties van een willekeurig gekozen (asbesthoudend) monster worden opnieuw onderzocht door een 2^e analist. De oorspronkelijk gevonden asbestdeeltjes door de 1^e analist mogen niet terug aan de betreffende fractie terug gevoegd worden. Er wordt telkens een controle uitgevoerd van een (willekeurige) fractie >4 mm en een (willekeurige) fractie <4 mm.

- Voor de fractie >4 mm geldt dat er bij de controle geen (extra) asbestdeeltjes meer worden teruggevonden.
- Voor de fractie <4 mm geldt dat, indien bij de controle alsnog asbestdeeltjes worden gevonden, alle zeeffracties <4 mm moeten worden gecontroleerd. De hierbij gevonden asbestdeeltjes mogen er niet toe mogen leiden dat het nieuwe resultaat (bij de controle gevonden asbestdeeltjes plus de oorspronkelijk gevonden asbestdeeltjes) valt buiten het 95 %-betrouwbaarheidsinterval (Poisson-verdeling) van het oorspronkelijke resultaat. AANVULLING ZIE C.2 -

6.3.4 BEPALING IN TOTALE MONSTER M_T PER DEELLOCATIE/RUIMTELIJKE EENHEID

a) drooggewicht van het totale monster M_T per deellocatie/ruimtelijke eenheid

Het drooggewicht van het totale monster dat werd uitgegraven uit n sleuven/gaten over de gehele deellocatie of ruimtelijke eenheid (M_T) wordt berekend door het drooggewicht van de totale grove veldfractie (M_G) op tellen bij het drooggewicht van de totale fijne veldfractie (M_F):

$$M_T = (M_G + M_F)$$

⁴Zie §2; Bij het voorkomen van significante hoeveelheden vrije asbestvezels, kan in het kader van een beoordeling van het blootstellingsrisico (zie OBO/BBO asbest) of het onderzoek naar de effectiviteit van een reinigingsproces, de fijne vezelfractie (vrije asbest) worden onderzocht.

b) bepaling asbestgehalte

Het totale gehalte asbest (mg/kg ds) voor de gehele deellocatie of ruimtelijke eenheid (C_T) wordt berekend op het drooggewicht van het totale monster M_T dat in beoordeling is genomen. De asbestconcentratie voor de gehele deellocatie of ruimtelijke eenheid wordt berekend door het asbestgehalte van het (de) verzamelmonster(s) S_1 - S_n (groe fracties van de sleuven) te bepalen en op te tellen bij het asbestgehalte van het laboratoriummonster F (fijne fractie), rekening houdend met een gewogen gemiddelde van hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest (zie §7.2, §7.3, §7.4).

7 BEREKENINGEN

7.1 ASBEST TER HOOGTE VAN HET OPPERVAK/MAAIVELD (VERZAMELMONSTER VISUELE INSPECTIE OPPERVAK MAAIVELD S_0)

7.1.1 MASSA VAN ASBEST TER HOOGTE VAN HET OPPERVAK MAAIVELD

De massa aan hechtgebonden ($m_{0,h}$) en niet-hechtgebonden asbest ($m_{0,nh}$) van het verzamelmonster bekomen bij de visuele inspectie van het oppervlak/maaiveld (S_0) wordt bepaald. Eerst worden de massa's aan asbest per asbestsoort i (chrysotiel, amosiet, crocidoliet, **vezelvormig antophylliet**, **vezelvormig actinoliet**, **vezelvormig tremoliet**) van de aan het oppervlak/maaiveld verzamelde materialen bepaald volgens:

$$m_{0,i} = \sum \left(m_k \times \%_{k,i} / 100 \right)$$

waarin :

$m_{0,i}$ = de massa aan asbest van asbestsoort i in het verzamelmonster van het oppervlak/maaiveld, in mg/kg.

m_k = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k , in mg;

$\%_{k,i}$ = percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende materialen van het type deeltje k , in %;

De massa aan hechtgebonden asbest ($m_{0,h}$) in het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag wordt als volgt bepaald:

$$m_{0,h} = \sum m_{0,h,i}$$

waarin $m_{0,h}$ de massa aan hechtgebonden asbest afkomstig van het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag is, in mg/kg

De massa aan niet-hechtgebonden asbest ($m_{0,nh}$) in het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag wordt als volgt berekend:

$$m_{0,nh} = \sum m_{0,nh,i}$$

waarin $m_{0,nh}$ is het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest afkomstig van het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag, in mg/kg

De **inspectie-efficiëntie**(%E) tijdens de visuele inspectie van het oppervlak/maaiveld wordt overgenomen uit het veld- of bemonsteringsverslag en afzonderlijk bij de massa asbesthoudende deeltjes gerapporteerd.

7.1.2 GEHALTE ASBEST TER HOOGTE VAN HET OPPERVLAK/MAAIVELD

Facultatief kan het gehalte aan hechtgebonden ($C_{0,h}$) en niet-hechtgebonden asbest ($C_{0,nh}$) van het verzamelmonsterbekomen bij de visuele inspectie van het terreinoppervlak worden berekend. Eerst wordt het gehalte aan asbest per asbestsoort i (chrysotiel, amosiet, crocidoliet, **vezelvormig antophylliet**, **vezelvormig actinoliet**, **vezelvormig tremoliet**) van de aan het oppervlak/maaiveld verzamelde materialen bepaald volgens :

$$C_{0,i} = \sum \left(m_k \times \%_{k,i} / 100 \right) \times 1 / (M_0 \times \% E / 100)$$

waarin :

$C_{0,i}$ = het gehalte aan asbest van asbestsoort i in het verzamelmonster van het terrein/oppervlak in mg/kg ds.

m_k = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k , in mg;

$\%_{k,i}$ = percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende materialen van het type deeltje k , in %;

M_0 = het berekend drooggewicht van de geïnspecteerde verhardings- funderings- of bodemlaag aan het terreinoppervlak, in kg ds

%E = de schatting van de inspectie-efficiëntie, zoals bepaald tijdens het bemonsteringsluik in CMA/1/A.20, in % (alleen voor de visuele inspectie van het terreinoppervlak).

Het gehalte aan hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest wordt bepaald door bij de sommatie alleen hechtgebonden materialen/producten of niet-hechtgebonden materialen/producten te nemen, welke in §6.3.1b) bepaald werden. Het gehalte aan hechtgebonden asbest ($C_{0,h}$) in het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag wordt als volgt berekend:

$$C_{0,h} = \sum C_{0,h,i}$$

waarin $C_{0,h}$ is het gehalte aan hechtgebonden asbest afkomstig van het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag, in mg/kg ds

Het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest ($C_{0,nh}$) in het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag wordt als volgt berekend:

$$C_{0,nh} = \sum C_{0,nh,i}$$

waarin $C_{0,nh}$ is het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest afkomstig van het verzamelmonster van de geïnspecteerde puinlaag, in mg/kg ds

De asbestconcentratie van de terreininspectie wordt enkel gehanteerd om de ruimtelijke spreiding van de asbestverontreiniging onderling tussen de verschillende deellocaties en/of ruimtelijke eenheden af te toetsen.

7.2 BEREKENING CONCENTRATIE IN DE GROVE VELDFRACTIE (VERZAMELMONSTER SJ UIT ELKE SLEUF)

Het gehalte aan hechtgebonden ($C_{g,j,h}$) en niet-hechtgebonden asbest ($C_{g,j,nh}$) van de verzamelmonsters van de sleuven wordt berekend als volgt. Eerst wordt het gehalte aan asbest per asbestsoort i (chrysotiel, amosiet, crocidoliet, **vezelvormig antophylliet**, **vezelvormig actinoliet**, **vezelvormig tremoliet**) van de asbestverdachte materialen in sleuf j ($j=1$ tot n) bepaald volgens:

$$C_{g,j,i} = \sum_i \left(m_{k,j} \times \%_{k,i} / 100 \right) \times 1 / M_{g,j}$$

waarin :

$C_{g,j,i}$ = het gehalte aan asbest van asbestsoort i in de verzamelmonsters j ($j=1$ tot n) uit de sleuven, in mg/kg ds.

$m_{k,j}$ = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k uit sleuf j , in mg;

$\%_{k,i}$ = percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende materialen van het type deeltje k , in %;

$M_{g,j}$ = het drooggewicht van de oorspronkelijk grove veldfractie voor sleuf S_j , in kg ds

Het gehalte aan hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest wordt per sleuf bepaald door bij de sommatie alleen hechtgebonden materialen/producten of niet hechtgebonden materialen/producten te nemen, welke in §6.3.2b) bepaald werden. Het gehalte aan hechtgebonden asbest ($C_{g,j,h}$) in de verzamelmonsters van elke sleuf S_j ($j=1$ tot n) wordt als volgt berekend:

$$C_{g,j,h} = \sum_i C_{g,j,h,i}$$

waarin $C_{g,j,h}$ is het gehalte aan hechtgebonden asbest afkomstig van de verzamelmonsters $S_1 - S_n$ in elke sleuf S_j voor de asbestsoorten i , in mg/kg ds

Het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest ($C_{g,j,nh}$) in de verzamelmonsters van elke sleuf S_j ($j=1$ tot n) wordt als volgt berekend:

$$C_{g,j,nh} = \sum_i C_{g,j,nh,i}$$

waarin $C_{g,j,nh}$ is het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest afkomstig van de verzamelmonsters $S_1 - S_n$ in elke sleuf S_j voor de asbestsoorten i , in mg/kg ds.

7.3 BEREKENING CONCENTRATIE IN DE FIJNE VELDFRACTIE (LABOMONSTER)

Het gehalte aan hechtgebonden ($C_{f,h}$) en niet-hechtgebonden asbest ($C_{f,nh}$) voor de verschillende zeeffracties van het labomonster $F > 500 \mu\text{m}$, wordt berekend als volgt. Eerst wordt het gehalte aan asbest per asbestsoort i (chrysotiel, amosiet, crocidoliet, **vezelvormig antophylliet**, **vezelvormig actinoliet**, **vezelvormig tremoliet**) van de verschillende zeeffracties f bepaald volgens :

$$C_{f,i} = \sum_i \left(m_k \times \%_{k,i} / 100 \right) \times \frac{F_i}{F_o} \times 1 / m_l$$

waarin :

$C_{f,i}$ = het gehalte aan asbest voor asbestsoort i in zeeffractie f , in mg/kg ds

m_k = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k, in mg;

$\%_{k,i}$ = percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende deeltjes van het type k, in %;

F_t = totale massa van de fractie in het labomonster, in g ds;

F_o = onderzochte deel van de fractie in het labomonster, in g ds;

m_i = massa van het gedroogde labomonster (i.e. $m_a - m_b$ bij droge stofgehalte §5.2a)), in kg ds

Het gehalte aan hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest wordt bepaald door bij de sommatie alleen hechtgebonden materialen/producten of niet hechtgebonden materialen/producten te nemen, welke in 6.3.3§ b) aangeduid werden.

Het totale gehalte aan hechtgebonden asbest ($C_{F,h}$) in het labomonster wordt berekend als de som van de afzonderlijke zeeffracties:

$$C_{F,h} = \sum C_{f,h,i}$$

waarin $C_{f,h,i}$ is het gehalte aan hechtgebonden asbest per asbestsoort voor zeeffractie f, in mg/kg.

Het totale gehalte aan niet-hechtgebonden asbest ($C_{F,nh}$) in het labomonster wordt berekend als de som van de afzonderlijke zeeffracties :

$$C_{F,nh} = \sum C_{f,nh,i}$$

waarin $C_{f,nh,i}$ is het gehalte aan niet-hechtgebonden asbest per asbestsoort voor zeeffractie, in mg/kg

Ingeval de fijne zeeffractie < 500 μ m afzonderlijk is bepaald, wordt deze bijgeteld bij het gehalte niet-hechtgebonden asbest:

$$C_{F,nh} = \sum C_{f,nh,i} + C_r$$

waarin C_r is het gehalte vrije vezels bepaald in de fijne vezelfractie (< 500 μ m), in mg/kg.

7.4 BEREKENING TOTAAL GEHALTE ASBEST (PER DEELLOCATIE) IN VERHARDINGS- FUNDERINGS- OF BODEMLAGEN (VERZAMELMONSTER(S) S_j (j=1 TOT N) + LABOMONSTER F)

Het totaal gehalte aan asbest per deellocatie kan worden berekend door de totale hoeveelheid aan asbest in de grove veldfractie op te tellen bij de totale hoeveelheid aan asbest in de fijne veldfractie. Er wordt teruggerekend naar het drooggewicht van het totale sleufmonster. De totale hoeveelheid asbest ter hoogte van het oppervlak/maaiveld wordt facultatief bepaald aan de hand van het gehalte asbest in het verzamelmonster van de visuele inspectie van het terreinoppervlak, en wordt afzonderlijk gerapporteerd met vermelding van de inspectie-efficiëntie %E.

De totale hoeveelheid asbest in de grove veldfractie wordt bepaald aan de hand van het gehalte asbest in de verzamelmonsters S_j (j=1 tot n). De totale hoeveelheid asbest in de fijne veldfractie wordt bepaald aan de hand van het gehalte asbest in het labomonster F.

Het totaal gehalte aan hechtgebonden asbest ($C_{t,h}$) wordt als volgt berekend:

$$C_{t,h} = \frac{(C_{F,h} * M_F + C_{G,h} * M_G)}{M_T}$$

met

$C_{t,h}$ = totaal gehalte hechtgebonden asbest voor de deellocatie, in mg/kg ds;

M_T = drooggewicht van het totaal beoordeeld monster voor de gehele deellocatie, in kg

$C_{G,h}$ = totaal gehalte hechtgebonden asbest in de verzamelmonsters S_j ($j=1$ tot n) van de grove veldfracties, in mg/kg ds;

M_G = totaal drooggewicht van de oorspronkelijk grove veldfractie van alle sleufgaten S_j ($j=1$ tot n), in kg ds;

$C_{F,h}$ = totaal gehalte hechtgebonden asbest in het labomonster, in mg/kg ds;

M_F = drooggewicht van de oorspronkelijk fijne veldfractie van alle sleufgaten S_j ($j=1$ tot n), in kg ds;

$$M_F = \sum_j M_{f,j}$$

Het totaal gehalte hechtgebonden asbest in de grove veldfractie ($C_{G,h}$) wordt berekend door de concentraties van de grove veldfracties van de verschillende sleuven S_j ($j=1$ tot n) uit te middelen.

$$C_{G,h} = \frac{1}{n} \sum_j C_{g,j,h}$$

Het totaal gehalte aan niet-hechtgebonden asbest (C_{nh}) wordt als volgt berekend:

$$C_{t,nh} = \frac{(C_{F,nh} * M_F + C_{G,nh} * M_G)}{M_T}$$

met

$C_{t,nh}$ = totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest voor de deellocatie, in mg/kg ds;

M_T = drooggewicht van het totaal beoordeeld monster voor de hele deellocatie, in kg ds

$C_{G,nh}$ = totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest in de verzamelmonsters S_1 - S_n van de grove veldfracties, in mg/kg ds;

M_G = totaal drooggewicht van de oorspronkelijk grove veldfractie op locatie, in kg ds

$C_{F,nh}$ = totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest in het labomonster van de fijne veldfractie, in mg/kg ds;

M_F = drooggewicht van de oorspronkelijke fijne veldfractie op locatie, in kg ds

Het totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest in de grove veldfractie ($C_{G,nh}$) wordt berekend door de concentraties van de grove veldfracties van de verschillende sleuven S_j ($j=1$ tot n) uit te middelen :

$$C_{G,nh} = \frac{1}{n} \sum_j C_{g,j,nh}$$

Het asbestgehalte wordt afgetoetst aan een gewogen norm, waarbij de asbestconcentratie wordt berekend als de som van hechtgebonden asbestconcentratie (C_h) vermeerderd met tien maal de niet-hechtgebonden asbestconcentratie (C_{nh}):

$$C = (C_{t,h} + 10 \times C_{t,nh})$$

met

C = gewogen toetsingswaarde van het asbestgehalte, in mg/kg ds;

$C_{t,h}$ = totaal gehalte hechtgebonden asbest, in mg/kg ds;

$C_{t,nh}$ = totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest, in mg/kg ds.

7.5 AFRONDING

In tabel 1 staan de afrondeenheden vermeld die behoren bij de verschillende gehalten aan asbest.

Tabel 1 : Afronding

Gewogen concentratie mg/kg	Afronden op eenheden van :
≤ 10	0,1
11- 100	1
101 - 1000	10
1001 – 10000	100
> 10000	1000

7.6 MEETFOUT : BOVEN- EN ONDERGRENS EN 95 % BETROUWBAARHEIDSINTERVAL

De foutenberekening op de gehaltebepaling van de verzamelmonsters en het labomonster wordt afzonderlijk uitgevoerd. De belangrijkste fout wordt veroorzaakt door de schatting van hoeveelheid asbest in de asbesthoudende materialen. Bij de grove veldfracties (verzamelmonsters) en de grove zeeffracties > 4 mm wordt de meetonzekerheid bepaald door de spreiding van de massaschatting. Voor de fijne zeeffracties < 4 mm wordt de meetonzekerheid bepaald door de steekproefafhankelijke fout. Deze fout is sterk afhankelijk van de het aantal getelde deeltjes en de grootte van de steekproef per zeeffractie.

7.6.1 BOVEN EN ONDERGRENS VOOR DE CONCENTRATIE IN DE GROVE VELDFRACTIE

Bereken per verzamelmonster S_j ($j=1$ tot n) de boven- en ondergrens per asbestsoort i , als volgt :

$$\text{bovengrens}C_{g,j,i} = \sum_i \left(m_{k,j} \times \%_{k,i,b} / 100 \right) \times 1/M_{g,j}$$

$$\text{ondergrens}C_{g,j,i} = \sum_i \left(m_{k,j} \times \%_{k,i,o} / 100 \right) \times 1/M_{g,j}$$

waarin :

boven-/ondergrens $C_{g1-n,i}$ = boven en ondergrens per asbestsoort per verzamelmonster.

$m_{k,j}$ = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k uit sleuf j , in mg;

$\%_{k,i,b}$ = bovengrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende materialen van het type deeltje k , in %;

$\%_{k,i,o}$ = ondergrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende materialen van het type deeltje k , in %;

$M_{g,j}$ = het drooggewicht van de oorspronkelijk grove veldfractie voor sleuf S_j , in kgds

De totale boven- en ondergrens voor het totaal gehalte hechtgebonden asbest in de grove veldfractie wordt berekend als volgt :

$$\text{boven- / ondergrens}C_{g,j,h} = \sum C_{g,j,h,i}$$

De totale boven- en ondergrens voor het totaal gehalte niet- hechtgebonden asbest in de grove veldfractie wordt berekend als volgt :

$$\text{boven- / ondergrens}C_{g,j,nh} = \sum C_{g,j,nh,i}$$

7.6.2 BOVEN EN ONDERGRENEN VOOR DE CONCENTRATIE IN DE FIJNE VELDFRACTIE**a) Zeeffracties > 4mm**

Bereken voor de zeeffractie > 4mm de boven- en ondergrens van het gehalte per asbestsoort i, als volgt :

$$\text{bovengrens } C_{f,i} = \sum \left(m_k \times \%_{k,i,b} / 100 \right) \times 1/m_l$$

$$\text{ondergrens } C_{f,i} = \sum \left(m_k \times \%_{k,i,o} / 100 \right) \times 1/m_l$$

waarin :

boven-/ondergrens $C_{f,i}$ = boven en ondergrens aan asbest voor asbestsoort i in de zeeffracties $f > 4\text{mm}$, in mg/kg

m_k = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k, in mg;

$\%_{k,i,b}$ = bovengrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende deeltjes van het type k, in %;

$\%_{k,i,o}$ = ondergrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende deeltjes van het type k, in %;

m_l = massa van het gedroogde labomonster (i.e. $m_a - m_b$ bij droge stofgehalte §5.2a)), in kg ds

b) Zeeffracties 0,5 mm – 4 mm

Voor een steekproefgrootte welk verwaarloosbaar is t.o.v. de totale partij (zeeffractie) wordt de Poisson-statistiek gehanteerd.

Corrigeer per zeeffractie < 4 mm de boven- en ondergrens met :

$$\text{bovengrens } \lambda_b = \lambda_{b,t} - \frac{F_0}{F_t} \times (\lambda_{b,t} - n_{f,k})$$

$$\text{ondergrens } \lambda_o = \lambda_{o,t} + \frac{F_0}{F_t} \times (n_{f,k} - \lambda_{o,t})$$

waarin :

boven-/ondergrens $C_{f,i}$ = boven en ondergrens aan asbest voor asbestsoort i in de zeeffracties $f > 4\text{mm}$, in mg/kg

λ_b en λ_o = boven en ondergrens, gecorrigeerd voor de steekproefgrootte;

$\eta_{f,k}$ = aantal aangetroffen asbesthoudende deeltjes van type k in zeeffractie f;

$\lambda_{b,t}$ en $\lambda_{o,t}$ = boven en ondergrens, die voor een bepaald aantal getelde deeltjes ($\eta_{f,k}$) uit de Poisson-tabel (bijlage) wordt afgelezen;

F_t = totale massa van de fractie in het labomonster, in g ds;

F_0 = onderzochte deel van de fractie in het labomonster, in g ds;

Bereken voor de zeeffractie < 4mm de boven- en ondergrens van het gehalte per asbestsoort i, als volgt :

waarin :

$$\text{bovengrens } C_{f,i} = \sum \left(m_k \times \lambda_b / n_{f,k} \times \%_{k,i,b} / 100 \right) \times F_t / F_o \times 1 / m_l$$

$$\text{ondergrens } C_{f,i} = \sum \left(m_k \times \lambda_b / n_{f,k} \times \%_{k,i,o} / 100 \right) \times F_t / F_o \times 1 / m_l$$

waarin :

boven-/ondergrens C_f = boven en ondergrens aan asbest voor asbestsoort i in de zeeffracties $f > 4\text{mm}$, in mg/kg

m_k = massa asbesthoudende deeltjes van het type deeltje k, in mg;

$\%_{k,i,b}$ = bovengrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende deeltjes van het type k, in %;

$\%_{k,i,o}$ = ondergrens van de schatting van het percentage asbest van de asbestsoort i in de asbesthoudende deeltjes van het type k, in %;

F_t = totale massa van de fractie in het labomonster, in g ds;

F_o = onderzochte deel van de fractie in het labomonster, in g ds;

m_l = massa van het gedroogde labomonster (i.e. $m_a - m_b$ bij droge stofgehalte §5.2a), in kg ds

De totale boven- en ondergrens voor het totaal gehalte hechtgebonden asbest in de fijne veldfractie wordt berekend als volgt :

$$\text{boven- / ondergrens } C_{F,h} = \sum \text{boven- / ondergrens } C_{f,h,i}$$

De totale boven- en ondergrens voor het totaal gehalte niet-hechtgebonden asbest in de fijne veldfractie wordt berekend als volgt :

$$\text{boven- / ondergrens } C_{F,nh} = \sum \text{boven- / ondergrens } C_{f,nh,i}$$

7.6.3 BOVEN EN ONDERGRENS VOOR DE CONCENTRATIE IN HET TOTALE MONSTER

Voor de berekening van de boven- ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval voor het totale monster worden de berekende totale boven-/ondergrens voor de grove veldfractie opgeteld bij de berekende totale boven-/ondergrens voor de fijne veldfractie.

8 KWALITEITSCONTROLE

- Opvolging van de luchtsnelheid (ten minste 0,5 m/s) van de afzuigkast
- Opvolging van de constante temperatuur (19-25°C) in het laboratorium
- Wekelijks wordt een controle van de zeeffracties (terugvinding, cfr.§6.3.3 punt c) uitgevoerd (of met een minimum van 1 controle per 20 monster), en dit bij alle uitvoerende analisten. De monsters (matrices) in deze controle moeten een weerspiegeling zijn van de eigen populatie monsters.
- 2x/jaar controle van asbestidentificatie en –kwantificatie door alle uitvoerende analisten
- 2x/jaar wordt een reëel granulaat of grondmonster met gekende additie van minimaal 2 hechtgebonden materiaalsoorten. De controle wordt door alle uitvoerende analisten op alle zeeffracties van hetzelfde monster uitgevoerd (de verwijderde asbesthoudende delen worden na analyse van een analist terug bij de betreffende zeeffracties gevoegd). De monsters (matrices) in deze controle moeten een weerspiegeling zijn van de eigen populatie monsters.

- 1x/jaar ringonderzoek (AARDE-ringonderzoek of gelijkwaardig) asbest in granulaat en/of bodem (in functie van de eigen populatie monsters)

9 VERSLAG

Het analyseverslag moet ten minste de volgende gegevens bevatten:

a) algemene informatie

- een verwijzing naar deze CMA methode
- gegevens over de monsterneming: (erkende) monsternemingsinstantie, datum van monsterneming
- gegevens over de monstervoorbehandeling ter plaatse (voorafzeving, visuele inspectie >20 mm): datum⁵ voorafzeving/visuele inspectie
- de gegevens over de monsters: aantal/hoeveelheid labo-/verzamelmonster of veldmonster, identificatie van het labo-/verzamelmonster of veldmonster (projectcode, analysecode, omschrijving per monster met verwijzing naar de locatie,...)
- de datum van het aanleveren van de monsters (labo-/verzamelmonster(s) of veldmonster)
- de datum van analyse

b) gegevens analyses

- natgewicht en drooggewicht van het labomonster F
- natgewicht en drooggewicht van het verzamelmonster ter hoogte van het oppervlak/maaiveld (indien beschikbaar)
- natgewicht en drooggewicht van het/de verzamelmonster(s) uit het sleuf(gat)monster (asbestverdachte materialen)(indien beschikbaar)
- de massa's van de zeeffracties en het percentage van de onderzochte fracties (incl. toepassen stopcriterium indien van toepassing)
- massa asbesthoudend materiaal voor een bepaald type materiaal, massapercentage asbest en massa asbest per asbestsoort in een bepaald type asbesthoudend materiaal in het/de verzamelmonster(s) en in het labomonster
- gehalte chrysotiel en amfibool, in mg/kg ds in het/de verzamelmonster(s) en in het labomonster, in mg/kg ds
- gehalte hechtgebonden en niet-hechtgebonden asbest in het/de verzamelmonsters en in het labomonster(s), in mg/kg ds

c) resultaten, interpretatie en toetsing

- totale gehalte aan asbest met vermelding van boven- en ondergrens⁶ van het 95 % betrouwbaarheidsinterval, rekeninghoudend met de criteria van afronding (zie tabel 1).
- totaal berekend asbestgehalte in het/de verzamelmonsters (visueel waarneembaar) per sleuf
- totaal berekend asbestgehalte in het labomonster F
- gewogen toetsingswaarde van het asbestgehalte per deellocatie of ruimtelijke eenheid (zie 7.4)

⁵ Indien niet uitgevoerd bij de monsterneming

⁶Voor de bepaling van de onder- en bovengrens worden verwezen naar de NEN5897:2015 (11.6 en 11.7)

- beeld van de omvang en de ruimtelijke verdeling van de verontreiniging op basis van de resultaten

10 REFERENTIES

- CMA/1/A.20, Monsterneming met betrekking tot asbest in verhardings-, funderings-, en bodemlagen
- **CMA/2/II/C.2, Asbest in granulaten en bodem.**
- NEN 5896:2003, Kwalitatieve analyse van asbest in materialen m.b.v. polarisatiemicroscopie
- **NEN 5897:2015, Inspectie en monsterneming van asbest in bouw- en sloopafval en recyclinggranulaat**
- **NEN 5898:2015, Bepaling van het gehalte aan asbest in grond, waterbodem, bouw- en sloopafval en granulaat**
- MDHS 77: 1999 : Asbestos in Bulk Materials - Sampling and Identification by Polarised Light Microscopy (PLM).
- ISO 14966, Ambient air – Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles – Scanning electron microscopy method

BIJLAGE A

Tabel 2 : Overzicht asbesthoudende materialen met beschrijving van uiterlijke kenmerken en richtwaarden voor de massapercentages aan asbest

Asbestcementproducten en overige producten waarin asbest in hechtgebonden vorm voorkomt		
Product	Uiterlijk	Asbestsoort(en) en gehalte in massaprocenten.
Asbestcement, vlakke plaat	Grijze vlakke plaat in diverse diktes, vaak aan één kant een wafelstructuur en soms aan één kant een geëmailleerde of gespoten coating	10 % -15 % chrysotiel bij dikke platen soms 2 % - 5 % crocidoliet
Asbestcement, golfplaat	Grijze golfplaat in diverse diktes, vaak aan één kant een wafelstructuur en soms aan één kant een geëmailleerde of gespoten coating	10 % - 15 % chrysotiel soms 2 % - 5 % crocidoliet
Asbestcement daklei	Dunne vlakke plaat, 3 mm - 6 mm dik, aan één zijde gecoat	10 % - 15 % chrysotiel
Asbestcement standleiding	Dikke grijze plaat, 50 mm – 60 mm dik, rond	10 % - 15 % chrysotiel soms 2 % - 5 % of 5 % - 10 % crocidoliet
Asbesthoudend imitatiemarmer	Als marmer, 10 mm - 20 mm dik, in breukvlak zijn dunne witte vezels zichtbaar	10 % - 15 % chrysotiel
Harde asbesthoudende vinyltegels (o.a. coloviny)l	Harde tegel met meestal een wit gevamd motief	2 % - 5 % chrysotiel (homogeen verdeeld)
Asbestcement met cellulosevezels (asbestboard)	Geelbruine, dunne plaat, 3 mm – 6 mm dik, lijkt op hardboard	10 % – 15 % chrysotiel soms spoor (0,1 % - 2 %) crocidoliet

Producten waarin asbest in niet-hechtgebonden vorm voorkomt		
Product	Uiterlijk	Asbestsoort(en) en gehalte in massaprocenten.
Afdichtkoord	Wit tot vuilgrijs pluizig koord	Alle typen asbest. Gehalte kan variëren tot 100 %.
Textiel/Pakkingsmateriaal	Thermische isolatie en isolatiebedekking, verpakkingsmaterialen, branddekens en vuurbestendige beschermgordijnen, handschoenen, overalls, schorten enz...	Alle typen asbest. Gehalte kan variëren tot 100%.
Isolatiemateriaal	Losse vezelmasse, soms vermengd met gips of kalk	Alle typen asbest. Gehalte kan variëren (vb. 6-8 % in Casilikaat bedekkingen, 100 % in dekens, vilt enz.).
Brandwerend board (Nobranda, Pical)	Vlakke plaat, 6 mm – 25 mm dik, lichtbruin tot geel, zachtboardachtig	15-30 % amosiet of een mengsel van amosiet en chrysotiel
Asbestkarton	Thermische en elektrische isolatie en brandbescherming. Golfkarton voor leidingisolatie Dakbedekkingvilt en dampschermen. Asbestpapier onder PVC vloerbedekking Lichtgrijs, kartonachtig	Van 1900 tot 1965 werd veelal crocidoliet verwerkt in kartonpanelen. Later alleen chrysotiel. Gehalte kan variëren tot 100 %.
Spuitasbest	Thermische en akoestische isolatie bij stoom turbines. Brand en condensatie bescherming van staalconstructies Chrysotiel vermengd met minerale wol als cement binder en coating. Grijs (of blauwe) vezelmasse	meestal 60 % - 85 % amosiet soms 60 % - 85 % crocidoliet , soms chrysotiel
Vinylzeil met asbesthoudende onderlaag (o.a. Novilon)	Zeil met een grijze kartonachtige onderlaag	30 % - 50 % chrysotiel onderlaag
Bitumen	Zwart teerachtig materiaal	meestal 2 % - 5 % of 5 % - 10 % chrysotiel