



Vlaanderen
is materiaalbewust



POTENTIËLE HUMANE INHALATOIRE BLOOTSTELLING AAN ASBEST

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER

OVAM

OVAM.VLAANDEREN.BE

////////////////////////////////////

POTENTIËLE HUMANE **INHALATOIRE** **BLOOTSTELLING AAN** **ASBEST AFKOMSTIG** **VAN AFDRUIPZONES**

Studie uitgevoerd in opdracht van: OVAM
(VITO-referentie 2024/EI/R/3272)

////////////////////////////////////

DOCUMENTBESCHRIJVING

- | | |
|--|---|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i>
POTENTIËLE HUMANE INHALATOIRE
BLOOTSTELLING AAN ASBEST AFKOMSTIG
VAN AFDRUIPZONES | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i>
OVAM |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i> | 4 <i>Trefwoorden:</i>
asbest, afdruipline, asbestdaken |
| 5 <i>Samenvatting:</i>
De studie onderzocht in welke mate asbestvezels uit afdruipline kunnen opwaaien tot concentraties die een blootstellingsrisico vormen. Als toetsingsnormen werden hiervoor de richt- en grenswaarden voor omgeving uit Vlare II gehanteerd. Er werden real-life simulaties, labo-simulaties en buitensimulaties uitgevoerd op zes locaties in Vlaanderen. Hierbij werd de bodem en de lucht bemonsterd onder verschillende omstandigheden (droog, vochtig, beroering, passief). Er werd aangetoond dat: <ul style="list-style-type: none">• asbestvezelvrijstelling in de lucht mogelijk is vanuit de afdruipline. De mate van vrijstelling hangt sterk af van de mate van beroering, het vochtgehalte, grondsoort, hechtgebondenheid en asbestconcentratie in de bodem.• de asbestconcentraties in de lucht nooit de daggemiddelde grenswaarde van VLAREM II overschrijden (5000 v/m³). | |
| 6 <i>Aantal bladzijden:</i> 104 | 7 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> / |
| 8 <i>Datum publicatie:</i>
oktober 2025 | 9 <i>Prijs*:</i> / |
| 10 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i> Patrick Berghmans, VITO Evelien Frijns, VITO Jan Peters, VITO Kaat Touchant, VITO Peter Tromp, TNO, Sven De Mulder OVAM | 11 <i>Contactpersonen:</i>
Sven De Mulder |
| 12 <i>Andere titels over dit onderwerp:</i> /
<i>Risico inschatting asbestvezelvrijstelling uit Afdruipline (Vito, 2021)</i> | |

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: ovam.vlaanderen.be

Dit rapport is de weerslag van een onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek op basis van de stand van de kennis van wetenschap en techniek beschikbaar bij VITO op het moment van het onderzoek. Alle intellectuele eigendomsrechten, waaronder het auteursrecht, op dit rapport berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. Dit rapport kan zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO niet geheel of gedeeltelijk worden gereproduceerd of worden gebruikt voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin. Tenzij uitdrukkelijk anders bepaald is de informatie zoals verstrekt in dit rapport van vertrouwelijk aard en kan dit rapport, of delen ervan, niet worden verspreid aan derden. In het geval dat reproductie of verspreiding wel is toegestaan, vb. door de vermelding "algemene verspreiding", is bronvermelding verplicht.

* Prijswijzigingen voorbehouden

AUTEURS

Patrick Berghmans, VITO
Evelien Frijns, VITO
Jan Peters, VITO
Kaat Touchant, VITO
Peter Tromp, TNO

INHOUDSTAFEL

AUTEURS	4
INHOUDSTAFEL	5
LIJST VAN FIGUREN	7
LIJST VAN TABELLEN	9
LIJST VAN AFKORTINGEN	11
1 Inleiding	12
2 WETGEVEND KADER	12
2.1 2.1 EU-BELGIË: CODEX – WELZIJN OP HET WERK (WOW): BESCHERMING WERKNEMERS	13
2.2 VLAANDEREN: BESCHERMING MENS EN MILIEU .	13
2.2.1 VLAREM II – richt- en grenswaarde omgevingslucht	13
2.2.2 Binnenmilieubesluit – richt- en interventiewaarde	13
2.2.3 Bodemwetgeving	14
2.2.4 Verwerking: richtlijn cementeringsplicht asbestafval	16
2.3 BODEMBELEID NEDERLAND	18
3 LITERATUUR	19
3.1 ASBEST VRIJSTELLING IN DE BUITENLUCHT VANUIT ASBEST VERONTREINIGDE BODEM	19
3.2 NATUURLIJKE AFBRAAK (DENATURATIE) VAN ASBESTVEZELS	29
3.3 ASBEST VRIJSTELLING IN DE BINNENRUIMTE VANUIT ASBEST VERONTREINIGDE BODEM	30
3.3.1 Literatuur	30
3.3.2 Berekende concentratie	30
4 MATERIAAL EN METHODEN	34
4.1 REAL-LIFE SIMULATIES	34
4.1.1 Meetplan	34
4.1.2 Locaties	35
4.1.3 Real-life simulaties en bemonstering van de buitenlucht	36
4.1.4 Luchtstalen	36
4.1.5 Bemonstering bodem	37
4.2 LABOSIMULATIE	37
4.2.1 Literatuur	37
4.2.2 Simulatie opstelling en bemonstering labolucht	38
4.2.3 Scenario's	40
4.3 BUITENSIMULATIES	42
4.3.1 Simulatie opstelling en bemonstering buitenlucht	42
4.3.2 Scenario	43
5 MEETRESULTATEN BODEM	45
5.1 Asbestconcentratie bodemprofiel	45
5.2 Asbestconcentratie in de toplaag	48
5.3 Asbestconcentratie in functie van de diepte	51
5.4 Selectie meetlocaties Labo simulatie	52
5.5 Selectie meetlocaties Buiten simulatie	52
6 MEETRESULTATEN LUCHT	54
6.1 Real-life simulatie	54
6.1.1 Resultaten TEM	54
6.1.2 Resultaten SEM	58
6.2 Labosimulatie	61

6.2.1	Resultaten TEM	61
6.2.2	Resultaten SEM	62
6.3	Buitensimulatie	65
6.3.1	Resultaten TEM	65
6.3.2	Resultaten SEM	66
7	CONCLUSIE & AANBEVELINGEN	68
7.1	Emissie van asbest uit de afdruiptzone	68
7.2	Koppeling met bodemconcentraties	75
7.3	Blootstellingsrisico	76
7.4	Aanbevelingen naar toepassing van de CVGP Asbest	76
	LITERATUURLIJST	76
	BIJLAGE A MEETLOCATIES	78
	BIJLAGE B BEMONSTERINGSGEGEVENS LUCHTSTALEN	84
	BIJLAGE C BODEMSTAALNAMELOCATIES	93
	BIJLAGE D ANALYSECERTIFICATEN ASBESTANALYSE BODEM	95
	BIJLAGE E RAPPORT CONCENTRATIE ASBEST-LUCHT TEM STONEFISH	96
	BIJLAGE F RAPPORT CONCENTRATIE ASBEST-LUCHT SEM TNO	97

LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 1 WEERGAVE STAPSGEWIJZE AANPAK HUMANE RISICOANALYSE

FIGUUR 2: FACTOREN DIE EEN ROL SPELEN BIJ DE EMISSIE VAN ASBESTVEZELS (FIGUUR OVERGENOMEN UIT SWARTJES EN TROMP, 2008).

FIGUUR 3: GEMIDDELDE ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT VAN VERSCHILLENDE VERGELIJKBARE METINGEN (SYMBOLEN) IN VEZELS/M³ LUCHT EN 95% BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN (KOPPELTEKENS), VAN SIMULATIE-EXPERIMENTEN IN HET WORST-CASE GEVAL (VIERKANTEN) EN UIT VELDMETINGEN MET NIET-HECHTGEBONDEN (RUITEN) EN GEBONDEN (DRIEHOEKEN) ASBEST, IN FUNCTIE VAN DE ASBESTCONCENTRATIE IN DE BODEM (MG/KG C). RECHTE LIJNEN VERTEGENWOORDIGEN DE 95% BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN VAN ALLE GEGEVENS

FIGUUR 4: MICROSCOPISCHE ANALYSE VAN DE ASBESTVEZELS IN DE BODEM UITGEVOERD DOOR OBMINSKI (2022)

FIGUUR 5: SEM BEELD VAN EEN ASBESTVEZELBUNDEL UIT DE AFDRUIPZONE

FIGUUR 6: VERBAND TUSSEN ASBESTCONCENTRATIE IN BODEM (^D) EN LUCHT BIJ GEEN, ÉÉN OF TWEE PASSAGES MET DE WAGEN (OBMINSKI, 2022)

FIGUUR 7: CORRELATIE TUSSEN ASBESTCONCENTRATIES IN DE BODEM (^D) EN LUCHT DOOR RE-SUSPENSIE BIJ PASSAGE

FIGUUR 8: VERGELIJKING VAN SECUNDAIRE ASBEST-EMISSIONS NAAR DE LUCHT OP (STERK) VERVUILDE BODEMS BIJ VERSCHILLENDE INTENSITEIT VAN BEROERING

FIGUUR 9 MEETPLAN VOOR AFDRUIPZONES

FIGUUR 10 SIMULATIE TOESTEL MET VENTILATOR, BAK VOOR GROND EN OPENINGEN VOOR FILTERCASSETTES.

FIGUUR 11 SIMULATIE TOESTEL MET BAK (0,3 X 0,4 M) GEVULD MET GROND (0,03 M) IN HANDSCHOENKAST, LINKS: OPEN BAK, RECHTS: GESLOTEN BAK MET 2 FILTERCASSETTES. DE ONDERZIJDE VAN DE CASSETTES BEVINDEN ZICH CIRCA 2,5 CM BOVEN HET GRONDOPPERVLAK (FIGUUR 11)

FIGUUR 12 OPSTELLING BUITEN SIMULATIE MET BAK GROND VAN 1 X 1 METER MET WINDVANEN EN WINDAFWAARTSE BEMONSTERING VAN LUCHTSTALEN VOOR SEM EN TEM OP 1,5 EN 0,6 M+MV

FIGUUR 13 MANUELE BEROERING (HARKEN) VANAF WIND-OPWAARTSE ZIJDE

FIGUUR 14: ASBESTCONCENTRATIE IN DE TOPLAAG (0-5 CM-MV) VAN DE AFDRUIPZONE AFGEZET TEGEN DE ASBESTCONCENTRATIE OVER HET BODEMPROFIEL (0-25 CM-MV). LABO 1: EUROFINS/ACMAA, LABO 2: ALWEST

FIGUUR 15: BODEMVERZADIGING VAN BODEM IN VOSSelaar VOOR DE PERIODE JULI 2022 TOT JULI 2023.

FIGUUR 16: TEM BEELD VAN EEN CHRYSOTIEL BUNDEL OP EEN LUCHTMONSTER VAN DE BUITENSIMULATIE

FIGUUR 17: SCATTERPLOT VAN DE ASBESTCONCENTRATIES IN LUCHT GEMETEN MET SEM (X-AS) EN TEM (Y-AS).

FIGUUR 18 DE RELATIEVE VEZELEMISSIE (T.O.V. DROGE GROND) (%), ASL FUNCTIE VAN HET VOCHTGEHALTE IN DE BODEM (%), OP BASIS VAN EXPERIMENTEN VAN TNO (TROMP, 2022) EN IOM (ADDISON ET AL 1988), OVERGENOMEN UIT TROMP ET AL 2003.

FIGUUR 19 AFDEKKING VAN DE MEETLOCATIES

FIGUUR 20 BEMONSTERINGSPUNTEN WESTLANGEWEG 3

FIGUUR 21 AFDEKKING VAN DE MEETLOCATIE

FIGUUR 22 PUIN IN BOVENSTE BODEMLAAG

FIGUUR 23 AFDEKKING DE MEETLOCATIE WORTEL

FIGUUR 24: BEMONSTERING MEETLOCATIE WORTEL

FIGUUR 25: BEMONSTERING MEETLOCATIE GEELSEBAAN

FIGUUR 26: BEMONSTERING MEETLOCATIE MULGRACHTSTRAAT

FIGUUR 27 BEMONSTERING MEETLOCATIE HESSIE

FIGUUR 28 BODEMSTAALNAMELOCATIES OUD ARENBERG 98 DOEL
FIGUUR 29 BODEMSTAALNAMELOCATIES WESTLANGEWEG 3, BEVEREN
FIGUUR 30 BODEMSTAALNAMELOCATIES KOLONIE 41, WORTEL

LIJST VAN TABELLEN

- TABEL 1 OVERZICHT RICHT- EN INTERVENTIEWAARDE VOOR ASBEST UIT HET BINNENMILIEUBESLUIT
- TABEL 2 VERPLICHTE BIJKOMENDE ACCEPTATIE- EN AANLEVERINGSVOORWAARDEN VOOR ASBESTHOUDEND AFVAL (VLAREM II ARTIKEL 5.2.4.1.10. §1)
- TABEL 3: ASBESTCONCENTRATIES IN DE BODEM VAN TEST CASE 2 UIT DE STUDIE VAN OBMINSKI (2022)
- TABEL 4 OVERZICHT MEETDATA STUDIE PETERS ET AL 2021
- TABEL 5: SAMENVATTENDE TABEL VAN LITERATUURGEGEVENS LUCHTCONCENTRATIES IN FUNCTIE VAN BODEMCONCENTRATIES EN BEROERING
- TABEL 6 STAPPENPLAN VOOR BEPALING ASBEST VRIJSTELLING IN DE BINNENRUIMTE VANUIT BINNENGELOPEN BODEM DIE MET ASBEST VERONTREINIGD IS
- TABEL 7 OVERZICHT VAN BEREKENDE STATISTISCHE PARAMETERS VAN DE VERZAMELDE MEETDATA VAN CONCENTRATIES AAN RESPIRABELE ASBESTVEZELS (MG/KG) UIT DIVERSE BODEMONDERZOEKEN IN NEDERLAND EN VLAANDEREN (OOSTERWEGEL, 2014, WETTERAUW, 2017, PETERS ET AL, 2021)
- TABEL 8 BEREKENING VAN DE MAXIMALE EN GEMIDDELDE BINNENLUCHTCONCENTRATIE ASBEST VANUIT BINNENGELOPEN ASBEST VERONTREINIGENDE BODEM OP BASIS VAN VERSCHILLENDE FACTOREN AFGELEID VANUIT DE LITERATUUR
- TABEL 9: MEETLOCATIES EN DATUM VAN BEMONSTERING VAN DE BODEM EN DE UITVOERING VAN DE SIMULATIES EN LUCHTMETINGEN
- TABEL 10 GESELECTEERDE LOCATIES VOOR DE LABO SIMULATIE MET ASBESTCONCENTRATIE IN DE BOVENSTE 5 CM VAN DE BODEM EN GRONDTYPE, VOCHTCONDITIE, BEMONSTERINGSHOOGTE, LUCHTCONDITIE EN BEROERING
- TABEL 11 GESELECTEERDE LOCATIES VOOR BUITEN SIMULATIE STUDIE MET ASBESTCONCENTRATIE IN DE BOVENSTE 5 CM VAN DE BODEM EN GRONDTYPE, VOCHTCONDITIE, BEMONSTERINGSHOOGTE, LUCHTCONDITIE EN BEROERING
- TABEL 12 ASBESTCONCENTRATIES IN DE BODEM OP DE MEETLOCATIES VOOR VERSCHILLENDE BODEMDIEPTES (0-5, 0-15 EN 15-25 CM-MV) EN OVERZICHT STALEN SIMULATIES
- TABEL 13 GEMIDDELDE GEWOGEN ASBESTCONCENTRATIE IN HET BODEMPROFIEL (0-25 CM-MV) VAN DE AFDRUIPZONE OP DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES, BEPAALD DOOR VERSCHILLENDE LABO'S
- TABEL 14: ASBESTCONCENTRATIE IN DE TOPLAAG VAN DE BODEM (0-5 CM-MV) VAN DE AFDRUIPZONE OP DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES, BEPAALD DOOR DRIE VERSCHILLENDE LABO'S
- TABEL 15: ASBESTGEHALTE (NIET GEWOGEN) IN DE TOPLAAG VAN DE BODEM VAN DE VERSCHILLENDE LOCATIES, OPGEDEELD IN ZEEFFRACTIES EN HECHTGEBONDENHEID (EUROFINS/ACMAA)
- TABEL 16: OVERZICHT ASBESTCONCENTRATIES UIT STUDIE VAN ABESIM (2019). DIEPTEPROFIELEN ZIJN BESCHIKBAAR IN BETREFFENDE RAPPORTAGE
- TABEL 17: ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS REAL-LIFE SIMULATIES (ANALYSE MET TEM)
- TABEL 18: SAMENVATTENDE RESULTATENTABEL VAN DE GEMETEN ASBESTCONCENTRATIE IN DE LUCHT IN FUNCTIE VAN BEROERING VAN DE AFDRUIPZONE EN HET BODEMVOCHTGEHALTE OP BASIS VAN REAL-LIFE SIMULATIES
- TABEL 19 ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS REAL-LIFE SIMULATIES (ANALYSE MET SEM)
- TABEL 20: ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS LABO SIMULATIES (ANALYSE MET TEM)
- TABEL 21: INSCHATTING VAN DE ASBESTCONCENTRATIE IN DE LUCHT VAN DE AFDRUIPZONE (BUITENSITUATIE)
- OP BASIS VAN DE LABO SIMULATIES EN TEN OPZICHTE VAN VLAREM II WAARDEN

TABEL 22 ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS LABO SIMULATIES (ANALYSE MET SEM).

TABEL 23; ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS BUITEN SIMULATIES (ANALYSE MET TEM)

TABEL 24 ASBESTCONCENTRATIES IN DE LUCHT TIJDENS BUITEN SIMULATIES (ANALYSE MET SEM)

TABEL 25: MAXIMALE ASBESTCONCENTRATIES TIJDENS DE BUITENSIMULATIES MET BODEM VAN DE AFDRUIPZONE VAN VIER VERSCHILLENDE LOCATIES (GEMETEN MET TEM).

TABEL 26 BODEMCONDITIES EN ASBESTCONCENTRATIES IN DE BUITENLUCHT (1,5 M+MV
BEMONSTERINGSHOOGTE) TIJDENS REAL-LIFE SIMULATIES

TABEL 27: BODEMCONDITIES EN ASBESTCONCENTRATIES IN DE BINNENLUCHT (0,025 M+MV
BEMONSTERINGSHOOGTE) TIJDENS DE LABO SIMULATIES MET GEDROOGDE GROND (0%
VOCHT) EEN LUCHTVERPLAATSING VAN 3 M/S EN GEEN LUCHTVERVERSING

TABEL 28: BODEMCONDITIES EN ASBESTCONCENTRATIES IN DE BUITENLUCHT TIJDENS DE
GECONTROLEERDE BUITEN SIMULATIES (HARKEN)

LIJST VAN AFKORTINGEN

C	Concentratie (v/m ³)
Cnh	Concentratie niet-hechtgebonden asbest (v/m ³)
Cvf	Concentratie vrije asbestvezels (v/m ³)
CVGP	Code van Goede Praktijk
Vlarem	Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning
HR	Humaan risico
CHR	Chrysotiel
CRO	Crocidoliet
ANT	Anthofilliet
SEM	Scanning electron microscopy
TEM	Transmisson electron microscopy

1 INLEIDING

VITO heeft opdracht gekregen voor het uitvoeren van een risico-evaluatie van afdruiptzones (VITO offerte 21093). Deze opdracht is onderverdeeld in meerdere werkpakketten waarbij in pakket 1 door middel van **luchtmetingen de potentiële inhalatoire blootstelling aan asbest vanuit een afdruiptzone wordt bepaald**. Men spreekt van een potentieel blootstellingsrisico omdat er een voorspelling wordt gedaan van de concentratie van asbestvezels uit een secundaire bron (afdruiptzone) die als gevolg van omgevingsomstandigheden (zoals activiteit en luchtstromingen) kunnen ontstaan. Vervolgens wordt nagegaan of de bekomen data gebruikt kunnen worden voor de verfijning van het bestaande risicomodel bodem om te komen tot een inschatting van het humaan blootstellingsrisico aan asbest vanuit afdruiptzones.

In deze studie wordt eerst het huidige wetgevend kader uiteengezet (HOOFDSTUK 2). Vervolgens werd er een theoretische onderbouwing gemaakt van potentiële humane inhalatoire blootstelling aan asbest afkomstig van afdruiptzones gebaseerd op basis van beschikbare data, rapporten en literatuur met een theoretische inschatting van vezelconcentraties in de binnenruimte als gevolg van inloop (HOOFDSTUK 3).

Vervolgens zijn er drie simulatieproeven uitgevoerd waarvan de gebruikte materialen en methoden zijn opgenomen in HOOFDSTUK 4.

In de periode november 2022 tot en met mei 2023 zijn er buitenluchtmetingen uitgevoerd op een zestal locaties met afdruiptzones met beroering van de grond (belopen, graven/harken, maaien – real-life simulatie).

Daarnaast is in het laboratorium in een handschoenkast gedroogde grond van deze locaties in een bak uitgespreid en vervolgens beroerd (labo-simulatie binnen). Tevens werd deze binnenproef met beroering van de gedroogde grond herhaald in de buitenlucht (labo-simulatie buiten). De resultaten van het bodem en luchtonderzoek van deze 3 simulatieproeven zijn opgenomen in HOOFDSTUK 5 & 6.

In HOOFDSTUK 7 zijn de conclusies uiteengezet en worden aanbevelingen gedaan voor het beleid.

2 WETGEVEND KADER

In dit hoofdstuk wordt het huidige beleid met betrekking tot de bodemonderzoeks- en saneringsplicht bij een asbestdak met & zonder afdruiptzone van Vlaanderen en Nederland beschreven en vergeleken.

2.1 EU-BELGIË: CODEX – WELZIJN OP HET WERK (WOW): BESCHERMING WERKNEMERS

De grenswaarde asbest in de lucht is gelijk aan 0,1 vezel per cm³ (= 100 vezels per L, 100.000 v/m³) berekend als tijd gewogen gemiddelde (KB van 28/04/2017 tot vaststelling van boek VI – Chemische, kankerverwekkende en mutagene agentia van de codex over het welzijn op het werk). Bepaling op basis van NBN T96-102. De grenswaarde voor het mogen toepassen van de methodiek eenvoudige handelingen ligt op 0,01 v/cm³.

In de wijzigingsrichtlijn (EU) 2023/2668 tot wijziging van Richtlijn 2009/148/EG betreffende de bescherming van werknemers tegen de risico's van blootstelling aan asbest op het werk (inwerkingstreding 20 december 2023, uiterlijk 2 jaar na de inwerktreding omzetting nationaal recht) is de huidige beroepsblootstellingsgrenswaarde 10 keer verlaagd.

2.2 VLAANDEREN: BESCHERMING MENS EN MILIEU .

2.2.1 VLAREM II – richt- en grenswaarde omgevingslucht

Milieukwaliteitsnormen en milieuvorwaarden zijn opgenomen in Vlarem II Besluit van de Vlaamse regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne. De volgende milieukwaliteitsnormen voor lucht en beleidstaken ter zake (Art 2.5.0.1.-2.5.7.4.) voor de parameter asbest zijn:

parameter referentiemethode	eenheid	richtwaarde	grenswaarde	evenwaardige methode
Asbest TEM (transmissie - elektronenmicroscopie)	Asbestvezels/m ³ (l > 5 µm, d < 3 µm)*	500 als jaarlijks gemiddelde concentratie, te meten op 24-uurs of 48-uursbasis	1000 als jaarlijks gemiddelde concentratie, te meten op 24-uurs of 48-uursbasis; 5000 als maximaal gemiddelde concentratie over 24 uur	-

De vermelde grens- en richtwaarden zijn van toepassing in alle gebieden, andere dan beschermingszones.

2.2.2 Binnenmilieubesluit – richt- en interventiewaarde

Het binnenmilieubesluit (gewijzigd bij het besluit van de Vlaamse Regering van 13 juli 2018) bevat richtlijnen die een gezond binnenmilieu omschrijven, inclusief richtwaarden en interventiewaarden. Die waarden omvatten zowel chemische, fysische als biologische factoren en zijn opgenomen in de bijlage bij het besluit. De richt- en interventiewaarde voor asbest uit dit besluit zijn opgenomen in Tabel 1.

Het binnenmilieubesluit (gewijzigd bij het besluit van de Vlaamse Regering van 13 juli 2018) bevat richtlijnen die een gezond binnenmilieu omschrijven, inclusief richtwaarden en interventiewaarden. Die waarden omvatten zowel chemische, fysische als biologische factoren en zijn opgenomen in de bijlage bij het besluit. De richt- en interventiewaarde voor asbest uit dit besluit zijn opgenomen in Tabel 1.

Tabel 1 Overzicht richt- en interventiewaarde voor asbest uit het Binnenmilieubesluit

Stof/factor	Richtwaarde	Interventiewaarde	Blootstellingsduur
Asbest chrysotiel	28	280	chronisch
Asbest amfibool			chronisch
Asbest gemengde stalen	$amfibool[vezelsm^3]3$ [vezelsm ³] + $chrysotiel[vezelsm^3]28$ [vezelsm ³] ≤ 1	$amfibool[vezelsm^3]30$ [vezelsm ³] + $chrysotiel[vezelsm^3]280$ [vezelsm ³] ≤ 1	chronisch

In de bijlage van dit besluit zijn de meest geschikte meetmethodes weergegeven.

2.2.3 Bodemwetgeving

In het stappenplan bodemonderzoek asbest (01/05/2019), het achterliggende document achter strategie 8 (juli 2020) van de standaardprocedure (SP) OBO (01/03/2023, C.1.1 Afdruiptzone), werd de benadering van de afdruiptzone als volgt beschreven:

De aanwezigheid van asbesthoudende dak- en gevelbekleding kan een effect hebben op de bodem door de aanwezigheid van een afdruiptzone of op plaatsen waar het hemelwater in de bodem dringt.

U gaat na waar het hemelwater van asbesthoudende daken niet wordt opgevangen door een dakgoot maar rechtstreeks afdruipt op de bodem. Deze zone – de afdruiptzone – is ongeveer 1 m breed.

Als de afdruiptzone verhard is dan gaat u na naar waar het hemelwater wordt afgevoerd. Vloeit het hemelwater weg naar het nabijgelegen maaiveld? Dan wordt een zone van circa 0,3 m vanaf de rand van de verharding als asbestverdacht beschouwd.

U gaat na of de afvoer van het hemelwater via een dakgoot al dan niet een onmiddellijk effect op de bodem heeft.

Niet-hechtgebonden asbest kan aanwezig zijn in de toplaag van 0 tot 2 cm. Als er aanwijzingen zijn dat er ook dieper asbest kan voorkomen (door bijvoorbeeld grondbewerkingen of de vastheid of korrelgrootte van de bodem waardoor diepere migratie mogelijk is) dan onderzoekt u de bodemplaat van 0 tot 10 cm.

U heeft verschillende mogelijkheden:

U onderzoekt de afdruiptzone. U stelt voor de volledige afdruiptzone een representatief mengmonster samen uit deelmonsters (grepen). Daarvoor gaat u de toplaag op verschillende plaatsen binnen de afdruiptzone afschrappen of afgraven en samenvoegen tot één labomonster. Om een correcte, kwantitatieve asbestanalyse mogelijk te maken, probeert u de minimale hoeveelheid van 10 l zo goed mogelijk te benaderen, met absoluut minimum van 1 kg veldgewicht.

- U onderzoekt de afdruiptzone niet en gaat er van uit dat die als verontreinigd te beschouwen is. Een humaan toxicologisch risico en een verspreidingsrisico kunnen niet uitgesloten worden. In het e-loket vinkt u op grondniveau “asbest dak ja” aan als asbestuitspraak.
- U onderzoekt de afdruiptzone niet omdat die is opgenomen in een sloopopvolgingsplan en gaat er van uit dat die als verontreinigd te beschouwen is. Een humaan toxicologisch risico en een verspreidingsrisico kunnen niet uitgesloten worden. In het e-loket vinkt u op grondniveau “asbest dak ja” aan als asbestuitspraak.

- U verwijdt de verontreinigde bodem en de bron van de verontreiniging. U houdt dan rekening met de voorwaarden uit hoofdstuk 5.5.6, Ontgraving tijdens het oriënterend bodemonderzoek.
- U verwijdt de verontreinigde bodem maar niet de bron van de verontreiniging. U houdt dan rekening met de voorwaarden uit hoofdstuk 5.5.6, Ontgraving tijdens het oriënterend bodemonderzoek. Een nieuwe verontreiniging kan in de nabije toekomst niet uitgesloten worden. In het e-loket vinkt u op grondniveau “asbest dak ja” aan als asbestuitspraak.

In de Code van Goede Praktijk: Asbest – Uitvoering BBO (10/08/2020), werd bijkomend gesteld dat bij een Cnh asbest groter dan 10 mg/kg ds de afdruiptzone steeds gesaneerd dient te worden via ontgraven van de asbesthoudende bodemlaag.

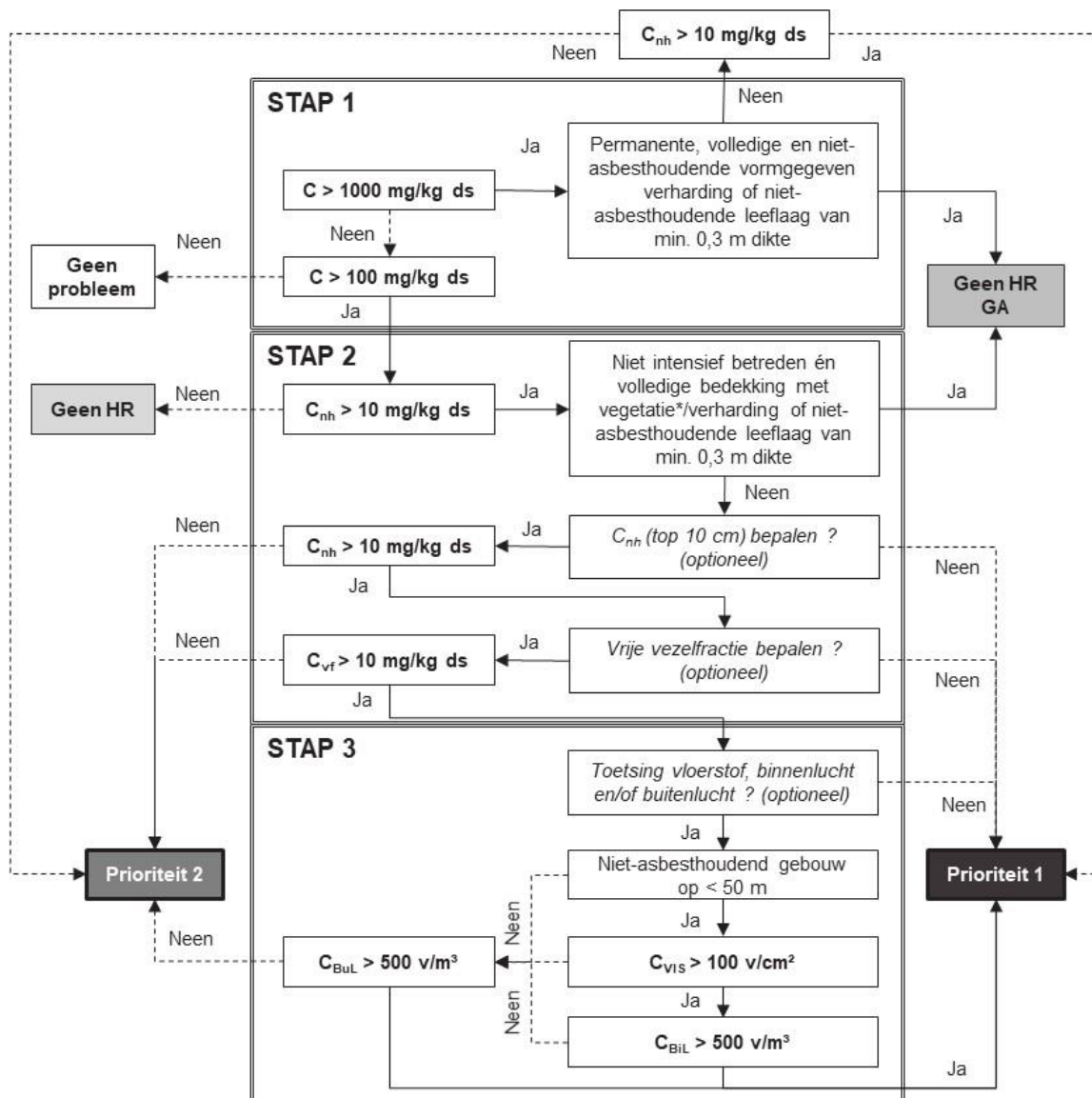
Indien de afdruiptzone reeds onderzocht werd in het OBO, dan dienen er in het kader van het BBO geen extra asbestanalyses uitgevoerd te worden.

Indien de afdruiptzone nog niet onderzocht werd in het OBO, dan heeft u volgende mogelijkheden:

- U onderzoekt de afdruiptzone (op identieke wijze zoals opgenomen in de standaardprocedure OBO). U stelt voor de volledige afdruiptzone een representatief mengmonster samen uit deelmonsters (grepen) conform CMA/1/A.7. Daarvoor gaat u de toplaag op verschillende plaatsen binnen de afdruiptzone afschrappen of afgraven en samenvoegen tot één labomonster. Om een correcte, kwantitatieve asbestanalyse mogelijk te maken, probeert u de minimale hoeveelheid van 10 liter zo goed mogelijk te benaderen, met absoluut minimum van 1 kg veldgewicht.
- U verwijdt de verontreinigde bodem (~ 1 m brede strook; 0,5 m aan weerszijden van de dakrand) en de bron van de verontreiniging. U houdt dan rekening met de voorwaarden uit hoofdstuk 4.4.4, Ontgraving tijdens het beschrijvend bodemonderzoek.
- U verwijdt de verontreinigde bodem maar niet de bron van de verontreiniging. U houdt dan rekening met de voorwaarden uit hoofdstuk 4.4.4, Ontgraving tijdens het beschrijvend bodemonderzoek. Een nieuwe verontreiniging kan in de nabije toekomst niet uitgesloten worden. In het e-loket vinkt u op grondniveau “asbest dak ja” aan als asbestuitspraak.

Bij vaststelling van een asbestgehalte hoger dan 100 mg/kg ds wordt naar analogie met de standaardprocedure OBO de DAEB-methodologie toegepast. Als de som van de gewichten groter of gelijk is aan 100, dan wordt nagegaan of de Cnh groter is dan 10 mg/kg ds. Indien dit het geval is, dan wordt de afdruiptzone steeds gesaneerd via ontgraven van de asbesthoudende bodemlaag.

De risicoanalyse asbest – hoofdstuk 5 in de Code van Goede Praktijk: Asbest – Uitvoering BBO (10/08/2020) – die wordt samengevat in figuur 1, is van toepassing op dagzomende asbesthoudende bodemlagen met uitzondering van afdruiptzones. Deze methodiek lijkt sterk op de Nederlandse aanpak, waarbij in Nederland geen afzonderlijke aanpak voor afdruiptzones wordt gehanteerd.



*: Permanent en volledig bedekt met gras of vergelijkbare dichte vegetatie C_{nh}: concentratie niet-hechtgebonden asbest C_{vf}: concentratie vrije vezelfractie (respirabele vezelbepaling SEM) C_{vis}: concentratie asbest in vloerstof C_{BiL}: concentratie asbest in binnenlucht C_{BuL}: concentratie asbest in buitenlucht

Figuur 1 Weergave stapsgewijze aanpak humane risicoanalyse

2.2.4 Verwerking: richtlijn cementeringsplicht asbestafval

Asbesthoudend afval wordt onder bepaalde, strenge voorwaarden aanvaard op stortplaatsen. Het storten van asbesthoudend afval heeft als doel het asbesthoudend afval op een gecontroleerde manier en voor onbepaalde tijd op te slaan in of op de bodem.

Asbestcement kan worden afgevoerd naar een vergunde stortplaats, naar een vergund sorteerbedrijf of naar een vergund containerpark. Asbestcement en andere hechtgebonden asbesthoudende afvalstoffen dienen dus finaal op een vergunde stortplaats gestort te worden.

Hoewel het gevaarlijk afval is, mag men asbestcement(houdende afvalstoffen) op een vergunde stortplaats voor inert afval (categorie 3 stortplaats) storten. De vergunde categorie 3 stortplaatsen zijn immers van rechtswege ook vergund als categorie 1 mono-stortplaats voor gevaarlijke afvalstoffen die bestaan uit asbestcement of andere asbesthoudende bouwmaterialen. De stortplaatsen moeten wel een aantal bijkomende voorwaarden naleven (afzonderlijk stortvak voor asbestafval, dagelijks afdekken, regelmatig besproeien van het afval indien dit afval niet verpakt is, e.d.). Daarnaast mogen afvalstoffen bestaande uit asbesthoudende bouwmaterialen waarbij asbestvezels in gebonden vorm aanwezig zijn, gestort worden op de bestaande vergunde stortplaatsen voor gevaarlijke afvalstoffen (de categorie 1-stortplaatsen) en de daartoe vergunde stortplaatsen voor niet-gevaarlijke afvalstoffen (de categorie 2- stortplaatsen). Op categorie 1 stortplaatsen mag men verpakt gesolidificeerd afval met vrije asbestvezels, verpakt in balen geperst afval met vrije asbestvezels en hechtgebonden asbestafval storten.

Naast voorwaarden inzake samenstelling en uitlooggedrag zijn specifiek voor asbesthoudende afvalstoffen ook de eisen inzake verpakking en vezelvrijstelling van belang. Deze worden opgelegd opdat er geen risico's voor het leefmilieu en de volksgezondheid zouden ontstaan in de omgeving van stortplaatsen.

Bouwmaterialen die asbest bevatten en ander asbestafval mogen zonder tests worden gestort op stortplaatsen voor niet-gevaarlijke afvalstoffen wanneer ze voldoen aan volgende bepalingen (VLAREM II artikel 5.2.4.1.9. §5):

- Het betreft stabiele, niet-reactieve gevaarlijke afvalstoffen met een uitlooggedrag dat gelijkwaardig is aan dat van de aanvaardingscriteria op stortplaatsen van niet gevaarlijk afval;
- Ze moeten voldoen aan de relevante aanvaardingscriteria;
- Deze gevaarlijke afvalstoffen mogen niet gestort worden in cellen die bestemd zijn voor biologisch afbreekbare niet gevaarlijke afvalstoffen.

De typen van gevaarlijke asbesthoudende afvalstoffen die op een stortplaats voor gevaarlijk afval kunnen aanvaard worden (VLAREM II artikel 5.2.4.1.10. §1 3°):

- Afvalstoffen die vrije asbestvezels bevatten zoals spuitasbest, asbestisolatiemateriaal, asbeststof met inbegrip van bodemmaterialen en andere afvalstoffen verontreinigd met vrije asbestvezels in concentraties > 0,1 gew. % of waarin duidelijk asbestvlokken waarneembaar zijn;
- Verpakkingsafval en plasticafval dat met asbest verontreinigd is;
- Niet vershredderbaar materiaal zoals metalen onderdelen dat met asbest of asbesthoudend materiaal bedekt of bekleed is;
- Onder asbesthoudende afvalstoffen worden tevens begrepen afvalstoffen geheel of gedeeltelijk bestaande uit keramische vezels met gelijkaardige carcinogene eigenschappen;
- Afvalstoffen bestaande uit asbesthoudende bouwmaterialen waarbij asbestvezels in gebonden vorm aanwezig zijn.

Dit kan enkel met naleving van de voorwaarden zoals in Tabel 2 vermeldt.

Tabel 2 Verplichte bijkomende acceptatie- en aanleveringsvoorwaarden voor asbesthoudend afval (VLAREM II artikel 5.2.4.1.10. §1)

Type asbesthoudend afval	Voorwaarden
Afvalstoffen die vrije asbestvezels of asbeststof	• Cementatie van asbestafval, zie Richtlijn betreffende de cementeringsplicht van 1 maart 20242 • Aanwezige asbestvlokken of brokstukken max. 1 cm • Aanlevering in stofdichte plasticverpakking • Nodige asbestetikettering
Verpakkings- en plasticafval dat verontreinigd is met asbest (bv. kledij, tape, beschermfolies)	• Samengeperst (dichtheid min. 400 kg/m³) • Verpakt in stofdichte plasticverpakking • Nodige asbestetikettering
Niet-vershredderbaar materiaal dat met asbest of asbesthoudend materiaal bedekt of bekleed is (bv. remschoenen)	• Verpakt in dubbelwandige stofdichte plasticverpakking • Nodige asbestetikettering

1 bron: <https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/afss/afvaltechnieken/storten-van-asbesthoudend-afval> 2
https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/6200523/richtlijn_cementeren_asbestvezels_maart2024.pdf/a695c876-c0b2-be71-9871-b649358f8069?version=1.0&t=1710952068091&download=true

2.3 BODEMBELEID NEDERLAND

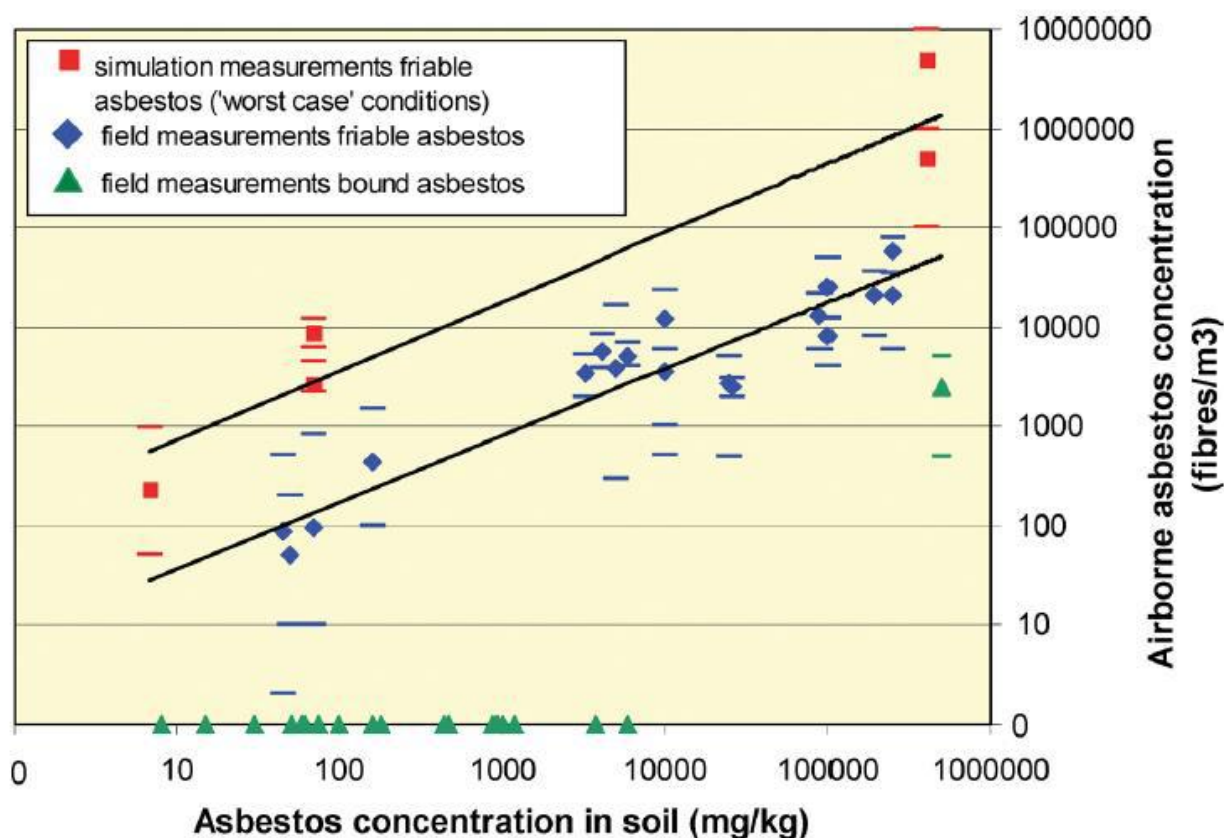
In juni 2010 heeft de Gezondheidsraad een advies uitgebracht waarin de gezondheidsrisico's van asbest opnieuw zijn geëvalueerd (Gezondheidsraad, 2010). Op basis van, op kwaliteit getoetste wetenschappelijke studies naar de gezondheidseffecten van asbest, zijn asbestconcentraties behorende bij verschillende door de overheid gehanteerde risiconiveaus afgeleid. Voor milieublootstelling heeft de Gezondheidsraad de onderstaande jaargemiddelde risiconiveau concentraties afgeleid die gelden voor levenslange blootstelling:

- Een concentratie van 28 chrysotielvezels per m³, 3 amfibool asbestvezels per m³ of 13 vezels gemengd asbest (<20% amfibool) per m³ komt overeen met 10⁻⁶ risiconiveau, ofwel een sterftekans van 1 per miljoen bij levenslange blootstelling;
- Een concentratie van 2800 chrysotielvezels per m³, 300 amfibool asbestvezels per m³ of 1300 vezels gemengd asbest (<20% amfibool) per m³ komt overeen met 10⁻⁴ risiconiveau, ofwel een sterftekans van 1 per 10.000 bij levenslange blootstelling.

In het milieubeleid zijn risiconiveaus gekoppeld aan respectievelijk het Verwaarloosbaar Risico (VR = 10⁻⁶ risiconiveau) en het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR = 10⁻⁴ risiconiveau) De risiconiveaus zijn afgeleid voor vezels met een lengte van minimaal 5 µm. Hierbij merkt de Gezondheidsraad wel op dat de mogelijke effecten van vezels korter dan 5 µm impliciet zijn meegenomen in de risicoanalyse.

In 2003 zijn door TNO en het RIVM de risico's van asbest in de bodem beoordeeld (Swartjes et al, 2003). Op basis hiervan is een interventiewaarde bodem van 100 mg/kg ds (droge stof) afgeleid, uitgedrukt als de optelsom van de concentratie chrysotiel en 10x de concentratie amfibool asbest (gewogen norm). De afgeleide concentratie in de lucht ligt hierbij tussen het VR en MTR (Tempelman et al 2010). Ten behoeve van de locatie specifieke risicobeoordeling (Circulaire bodemsanering, 2013) is voor respirabele asbestvezels in de contactzone (bovenste 50 cm van de bodem) een waarde van 10 mg/kg ds (gewogen) vastgesteld, waarboven sprake is van "onaanvaardbare risico's".

Er is een inventarisatie gemaakt van de gemeten asbestconcentraties in lucht uit eigen experimenten (Tromp, 2002) en gegevens uit de literatuur. Het resultaat van deze inventarisatie was een database van meer dan 1000 meetgegevens. Deze gegevens zijn afkomstig van worst-case simulaties experimenten (gesimuleerde activiteiten met een windblazer met droge grond en losse asbestvezels) en veldexperimenten van dagelijkse praktijkactiviteiten (rijden op verontreinigde wegen en graven, storten en zeven van vochtige grond met een mengsel van brokkelig en gebonden asbest). De luchtbemonstering werd persoonlijk en stationair uitgevoerd. De asbestanalyses gebeurden voor het merendeel met SEM/EDX conform ISO14966. De meetgegevens werden geplott als scatterplot van de bodemconcentratie (x-as) en de luchtconcentratie (y-as) (Figuur 3).



Figuur 3: Gemiddelde asbestconcentraties in de lucht van verschillende vergelijkbare metingen (symbolen) in vezels/m³ lucht en 95% betrouwbaarheidsintervallen (koppelttekens), van simulatie-experimenten in het worst-case geval (vierkanten) en uit veldmetingen met niet-hechtgebonden (ruiten) en gebonden (driehoeken) asbest, in functie van de asbestconcentratie in de bodem (mg/kg c). Rechte lijnen vertegenwoordigen de 95% betrouwbaarheidsintervallen van alle gegevens.

De gemiddelde asbestconcentratie in de lucht neemt toe met de asbestconcentratie in de grond. De betrouwbaarheidsintervallen zijn echter vrij groot. De hoogste veldwaarde in de lucht is gemeten bij een bodemconcentratie van 100 mg/kgc en die waarde ligt hoger dan de laagst gemeten concentratie bij een bodemconcentratie van 10 000 mg/kgc. Het gewogen asbestgehalte wordt in Nederland berekend door het gehalte aan amfiboolasbest met een factor 10 te vermenigvuldigen en op te tellen bij het gehalte serpentinasbest. In België wordt het gewogen gehalte berekend door 10x de concentratie niet-hechtgebonden asbest op te tellen bij de concentratie hechtgebonden asbest.

De verschillende berekeningswijze tussen België en NL heeft geen effect op de figuur. Wel is goed te zien dat vezels vooral vrijkomen bij niet-hechtgebonden asbest en niet bij hechtgebonden asbest, in dat opzicht is de Belgische onderverdeling tussen hecht en niet-hecht een goede keuze. In het algemeen wordt vastgesteld dat hoe invasiever de simulaties zijn, hoe hoger de asbestconcentraties in de lucht. De veldmetingen met gebonden asbest geven naar verwachting relatief weinig asbest vrij, de concentratie in de lucht is laag.

Volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- alleen voor bij sterk verontreinigde bodems, d.w.z. bij een bodemconcentratie van meer dan 10 000 mg/kgc (1%), en niet-hechtgebonden materialen kan de vezelconcentraties in de lucht hoger zijn dan 100 000 v/m³. In dergelijke situaties is zelfs de geringste activiteit in combinatie met droge lucht (geen worst-case omstandigheden) voldoende om 1000 v/m³ te overschrijden.
- Voor verontreinigde gronden met gebonden asbest (< 10 000 mg/kgc, <1%) worden er geen asbestvezels in de lucht gevonden.
- Voor minder verontreinigde bodems met niet hechtgebonden asbestmaterialen (< 100 mg/kgc (<0,01%)) wordt de drempel van 1000 v/m³ niet of nauwelijks overschreden, zowel bij werkzaamheden als graven, storten als zeven.

In 2014 heeft Oosterwegel in Nederland 20 afwateringslocaties onderzocht op de mate van belasting met asbest. Op alle 20 locaties is visueel geen, maar analytisch wel asbest in de bodem van de afwateringszone aangetroffen:

- Op 45% van de locaties wordt de interventiewaarde (100 mg/kgb) uit de Wet bodembescherming overschreden;
- Op 45% van de locaties zijn hoeveelheden vezels aangetroffen die het criterium van 10 mg/kgb overschrijden;
- Bij 65% van de locaties wordt de Interventiewaarde en/of het toetsingscriterium voor spoedeisendheid overschreden.

Naast monsters van de afwateringszone zijn tevens materiaalmonsters van de daken verzameld. Analytisch blijken de aangetoonde asbestmineraaltypen vergelijkbaar met de vezels die worden aangetroffen in de bodem van de afwateringszone. Qua omvang lijkt de belasting met asbest zich te beperken tot een zone van circa 1 meter breed en 10 cm diep.

In een wetenschappelijk artikel van Obminski (2022) wordt gerapporteerd over onderzoek naar asbestcementproducten en hun impact op bodemverontreiniging. De studie werd uitgevoerd in Polen.

Er werden asbestmetingen uitgevoerd in de bodem van twee gebouwen met een AC dak (Eternit): één gebouw met een AC dak met een oppervlakte van 400 m² van zo'n 30 jaar oud dat gereinigd werd, en één met een AC dak van zo'n 50 jaar oud. De bodemonsters werden genomen in de toplaag (0-20 cm). De asbestanalyse werd uitgevoerd voor de gebonden asbestfractie (gravimetrische methode) en niet-gebonden asbestfractie (polarisatie lichtmicroscopie). De asbestconcentraties varieerden van onder detectielimiet tot 12,0 % (Tabel 3) afhankelijk van de plaats van monsterneming. De hoogste concentraties worden gemeten in de buurt van de gootafvoer (uitstroom regenwater).

Tabel 3: Asbestconcentraties in de bodem van test case 2 uit de studie van Obminski (2022). Afstand tot dak
Asbestconcentratie [%] Asbestconcentratie

	Afstand tot dak	Asbestconcentratie [%]	Asbestconcentratie d [mg/kg] 1
Gootafvoer	0-0.2 m	9,8	98 000
Gootafvoer	0-0.2 m	12,0	120 000
3m van de gootafvoer en muur	3 m	0,001	10
15 m van de muur, 20 m van de gootafvoer	20 m	<DL	<
Ca. 0,5 m rondom het gebouw	0,5-0,3 m	Ca. 0,05	500

Obminski (2022) voerde een PLM-analyse uit waaruit bleek dat er in de bodem ongebonden vezels aanwezig zijn, maar dat hun omvang groter is dan die van respirabele vezels die via de lucht verspreid kunnen worden. Dit werd verklaard door een combinatie van verwerking van het dakoppervlak waarbij de uitwassing van het cement resulteert in de opeenhoping en aanrijking (tot 20-35% t.o.v. de originele 13,5% asbestgehalte) van los, ongebonden vezels op het buitenoppervlak van de dakbedekking, die worden getransporteerd naar 13 de bodem via de regenwaterafvoer in de vorm van vezelbundels of naar de lucht als respirabele vezels. De vezel(bundels) die in de bodem worden gedetecteerd zijn proper en vrij van bindingsmateriaal (cement). De diameter van de vezelbundels is ongeveer 60 µm (ter vergelijking: respirabele vezel < 3 µm). Op een SEM beeld van een vezelbundel uit de bodem van de afdruiptzone rondom het gebouw met een AC dak van 50 jaar oud is duidelijk te zien dat het asbest voorkomt als zuivere vezelbundels met weinig sporen van ander bindingsmateriaal (Figuur 5).

Obminski (2022) geeft aan dat natte asbestvezels (afgespoeld van het dak bij regen) waarschijnlijk niet via de lucht verspreiden en dat de asbest in de bodem niet op natuurlijke wijze in de bodem migreert. Voor de afdruiptzone wordt aangegeven dat hier voornamelijk ongebonden, zuivere chrysotiel vezelbundel voorkomen. Die zullen onder droge omstandigheden uiteenvallen in smallere bundels of vezels, en kunnen bij mechanische bewerking van de bodem uit de bodem naar de lucht verspreid worden als respirabele vezels.

Naar Poolse standaarden stelt enkel de bodem in de buurt van de regenwaterafvoer een probleem. Op een afstand van 3 m of meer is er geen probleem. Hierbij dient de kanttekening geplaatst te worden dat er tussen de gootafvoer en 3 meter afstand van de gootafvoer geen bemonstering is uitgevoerd.

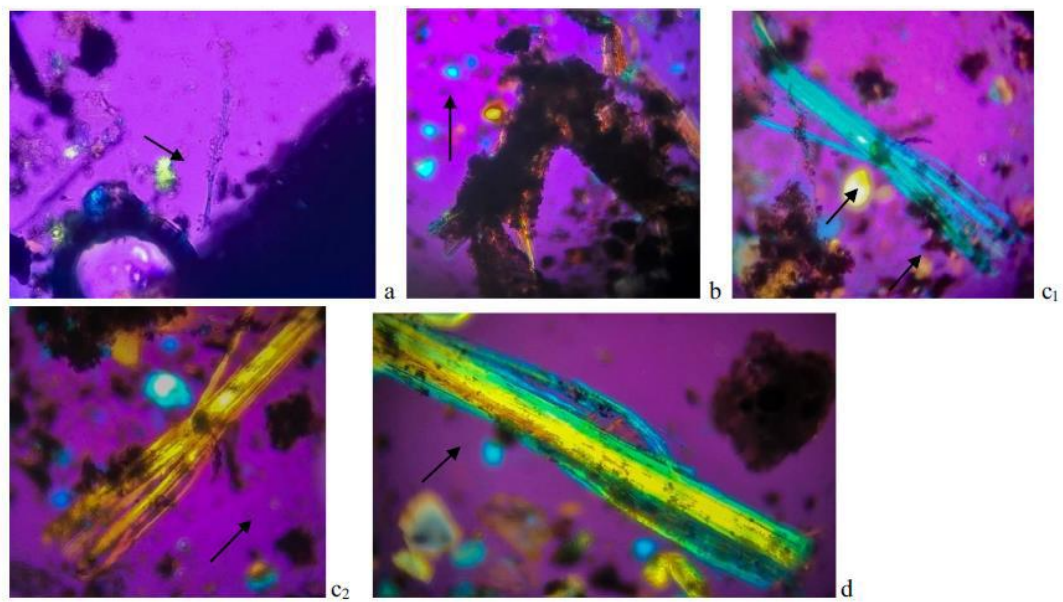
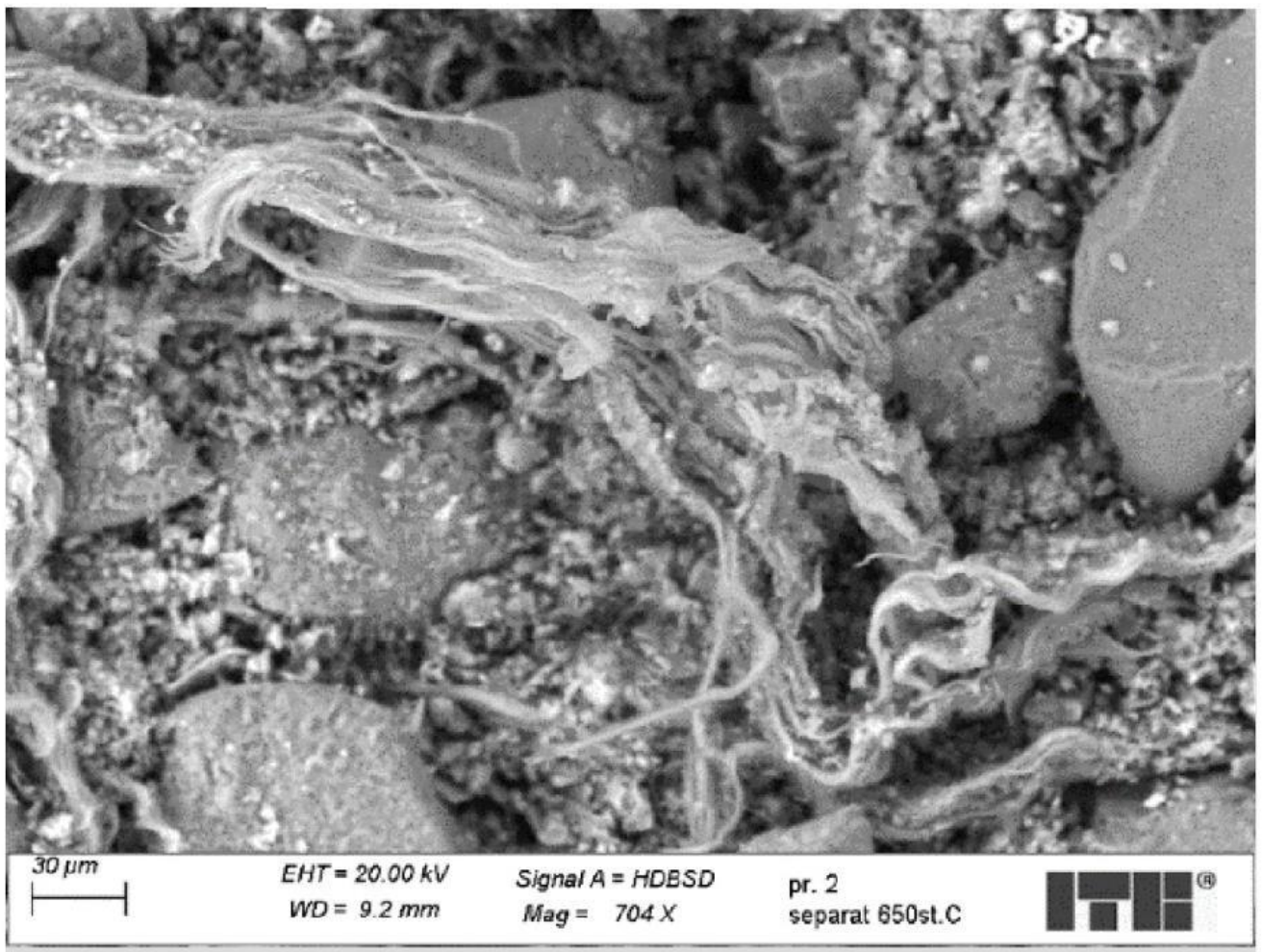


Photo 4. Examples of identified chrysotile fibres in microscopic images (a) chrysotile respirable fibre (b) ashed organic matter covering the chrysotile bundle, (c–d) massive chrysotile bundles with a diameter of $\approx 60 \mu\text{m}$.

Figuur 4: Microscopische analyse van de asbestvezels in de bodem uitgevoerd door Obminski (2022).



Figuur 5: SEM beeld van een asbestvezelbundel uit de afdruiptzone.

Obminski (2022) voerde zelf metingen uit waardoor het verband tussen asbestconcentratie in bodem en lucht kon worden opgesteld. Figuur 6 toont dit verband voor asbestemissies bij occasionele passage (geen, één of twee maal) met de wagen over de bodem. Obminski besluit dat de passage over bodem met een concentratie lager dan 0,01% (100 mg/kgd) veilig is (i.e. $< 500 \text{ v/m}^3$ af te lezen op grafiek door lineaire extrapolatie naar lage asbestconcentratie in bodem, onder minimum gemeten bodemconcentratie). Een bodemconcentratie van 0,02% (200 mg/kgd) kan resulteren in een luchtconcentratie tot bijna 1500 v/m^3 bij passage. Bij het onberoerd laten van de bodem (geen passage) valt bij een bodemconcentratie tot 0,03% (300 mg/kgd) geen concentratie van asbest in omgevingslucht hoger dan 500 v/m^3 te verwachten.

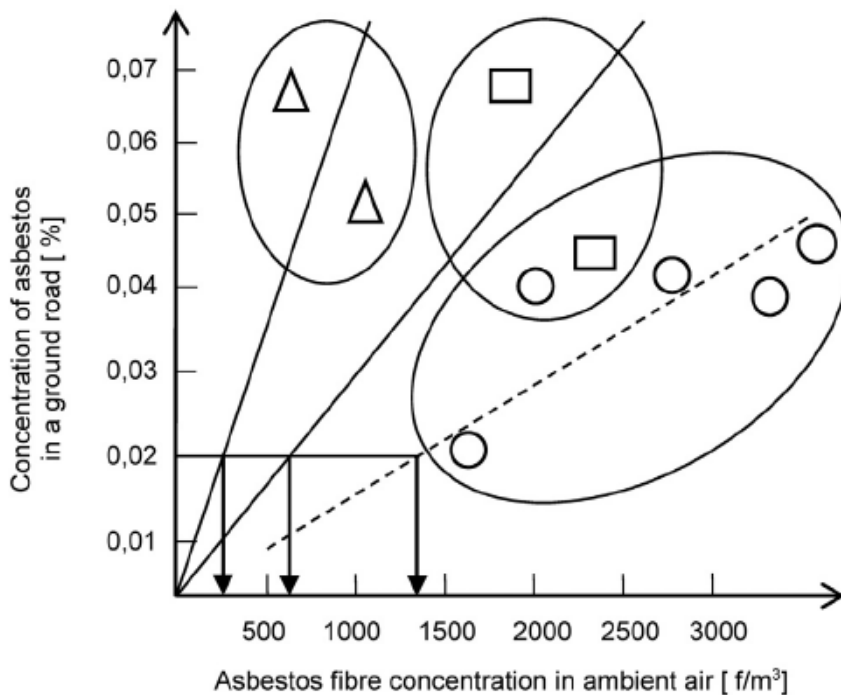


Fig. 3. Use of the land contaminated by unbound asbestos (rides on unpaved terrain). The circles containing measurement points estimate approximately an air pollution for these three ways of exploiting a contaminated road. $\triangle$ No traffic, $\square$ Single car journey, $\circ$ Two runs of the car.

Figuur 6: Verband tussen asbestconcentratie in bodem (d) en lucht bij geen, één of twee passages met de wagen (Obminski, 2022).

De correlatie tussen asbestconcentraties in de lucht bij toenemende duur van passages wordt geïllustreerd in Figuur 7. Deze test werd uitgevoerd op een bodem met hoge asbestconcentratie (0,1%, 1000 mg/kgd). De testresultaten op sterk verontreinigde industriële sites toont een toename in luchtconcentraties is sterker bij toenemende passages (Figuur 8). Bij occasioneel beroeren van de bodem is er ook een positief verband tussen bodem en luchtconcentraties, zij het minder groot dan bij intensievere of langere beroering.

Het risico op asbestemissies naar de lucht wordt door Obminski omschreven als een positief verband waarbij er een potentiële toename van asbest in lucht van 1000 v/m³ kan plaatsvinden per toename van 0,01% van de bodemconcentratie, vanaf een bodemconcentratie van 0,01%. Zonder beroering kan de asbestconcentratie in lucht onder 500 v/m³ blijven bij bodemconcentraties tot 0,03% (300 mg/kgd).

De limietwaarde (Polen) van 0,1% asbest in bodem is volgens de auteur geen garantie op een veilige situatie, ongeacht het gebruik van de bodem.

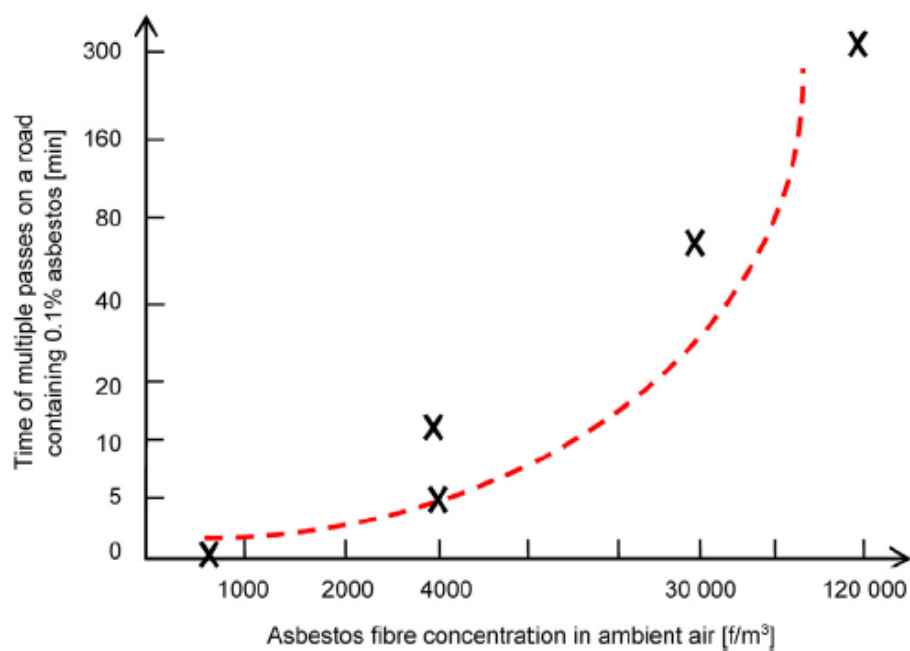


Fig. 4. With 0.1 % of asbestos in the road bed, extending the driving time of cars results in an exponential increase in the concentration of asbestos dust in the air.

Figuur 7: Correlatie tussen asbestconcentraties in de bodem (d) en lucht door re-suspensie bij passage.

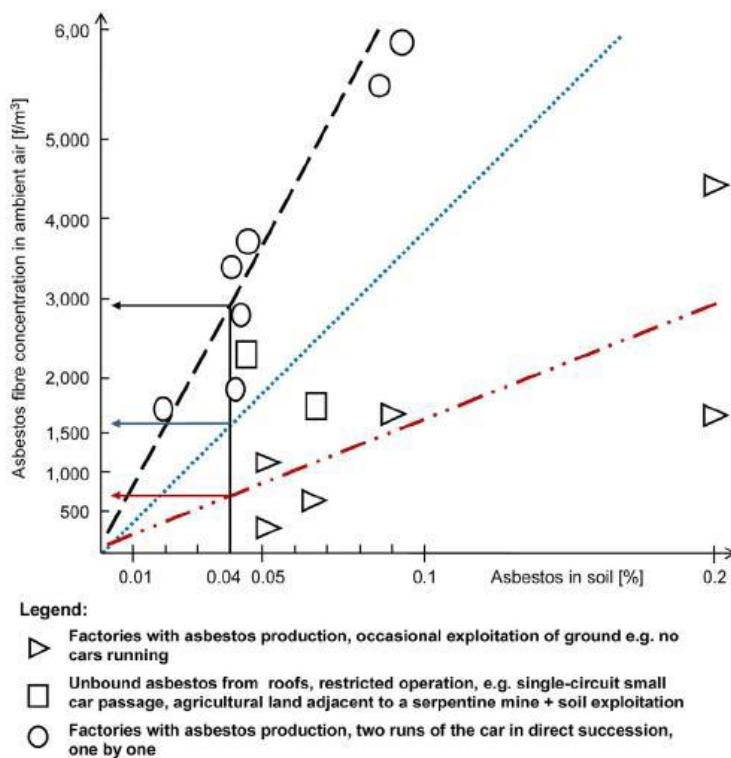


Fig. 5. Comparison of changes in asbestos dust re-emission from asbestos-contaminated soil with different intensity of car traffic and exploitation.

Figuur 8: Vergelijking van secundaire asbest-emissies naar de lucht op (sterk) vervuilde bodems bij verschillende intensiteit van beroering.

De belangrijkste conclusies van het werk van Obminski (2022) zijn:

- De bodemconcentraties kunnen in de buurt van verweerde daken hoog zijn (bv. ter hoogte van de regenwaterafvoer) en deze grond moet behandeld worden als asbestverontreinigd afval volgens Poolse wetgeving. Dit is anders dan in de Vlaamse wetgeving waarbij asbestverontreinigde grond niet als afval wordt beschouwd zolang behandeld conform Bodemdecreet en Vlarebo.
- De vezelbundels in de bodem zijn zuiver met weinig sporen van bindingsmateriaal. De vezelbundels zelf stellen geen direct risico naar opwaaiing en asbestverontreiniging in de lucht. De bundels kunnen wel verder degraderen naar respirabele vezels bij het beroeren van de bodem.
- Asbestverontreiniging in de bodem komt voor onder gebonden en ongebonden vorm.
- Er wordt een positief verband tussen de asbestconcentratie in de bodem en in de lucht vastgesteld, waarbij er een potentiële toename van asbest in lucht van 1000 v/m³ kan plaatsvinden per toename van 0,01% (100 mg/kgd) van de bodemconcentratie, vanaf een bodemconcentratie van 0,01% (100 mg/kgd). Het risico dat vezels uit de bodem naar de lucht verspreid worden hangt sterk af van de beroering van de bodem (in dit geval rijden met de wagen over de bodem).
- Deze resultaten bevestigen een eerdere studie waar een positief verband gevonden werd tussen asbestconcentraties in bodem en lucht bij beroering (in dit geval berijden met wagen en landbouwactiviteit): ca. 1000 v/m³ voor bodem met 25 mg/kgd asbest, 1500 v/m³ bij bodemconcentratie van 300 mg/kgd en tot 3500 v/m³ bij bodemconcentratie van 600 mg/kgd.
- Zonder beroering kan de asbestconcentratie in lucht onder 500 v/m³ blijven bij bodemconcentraties tot 0,03% (300 mg/kgd).

Maulida et al. (2022) bestudeerden de asbestemissies met behulp van een sampler in labo omgeving (zie 4.2.1). Er werden twee historische asbestmijnsites geselecteerd (Zuid-Korea) waar telkens 21 oppervlaktebodems (0~15 cm) bemonsterd werden. De asbestconcentraties werden geanalyseerd, en vervolgens werden drie representatieve locaties, met 0,25% (2500 mg/kgd), 0,50% (5000 mg/kgd) en 0,75% (7500 mg/kgd) asbest in de bodem, gekozen om de hoeveelheid vrijgesteld asbest te evalueren bij verschillende windsnelheid en watergehalte van de bodem. De resultaten toonden aan dat de niveaus van vrijkomend asbest uit de bodem naar de lucht toenamen met hogere windsnelheden en een lager watergehalte.

In 2021 heeft VITO een studie uitgevoerd (Peters et al. 2021) naar het mogelijk blootstellingsrisico van de directe depositie van asbest op de bodem in de afwateringszone. Hiervoor werden 2 locaties geselecteerd waar ter hoogte van de afdruiptzone verschillende simulaties (2 - 4 uur) werden uitgevoerd: grasmaaien, belopen druppelzone, spitten en harken. De resultaten zijn samengevat in Tabel 4.

Tabel 4 Overzicht meetdata studie Peters et al 2021

Locatie	Beschrijving monsterneming	Concentratie bodem (mg/kgc)	Respirabele vezels (mg/kg)	Opmerking
2 locaties in Vlaanderen met verweerde AV golfplaat (10-15% chrysotiel)	Toplaag 0-10 cm in de afwateringszone, 2 monsters per locatie, in totaal 4 monsters	Totaal: AM 5700. GM 570, range 0-21.000 Niet-hechtgebonden: AM 5700, GM 570, range 42-21.000	31 (bij hoogste totaal concentratie bepaald)	Ook luchtmetingen uitgevoerd bij gesimuleerde activiteiten in de afwateringszone: lopen, spitten/harken, grasmaaien, opwaaien. Locatie A (42-72 mg/kgc): geen asbest < 500 v/m ³ bij beroering (passief <20 v/m ³); locatie B* (1700-21000 mg/kgc): 3x < 500 v/m ³ , 784* en 788* v/m ³ (passief <20 v/m ³).

AM= rekenkundig gemiddelde / GM = geometrisch gemiddelde / range = minimum-maximum

* maximum van het 95%-betrouwbaarheidsinterval op de meting.

In Tromp et al (2022) is een kwantitatief inzicht gegeven in de depositieroute op de bodem bij het ontbreken van de dakgoot door middel van een literatuurstudie. Onder licht-matig verweerde asbestdaken is de gemiddelde asbestconcentratie 90 ± 290 (SD) mg/kgb; onder sterk verweerde asbestdaken ligt de concentratie een stuk hoger met 1200 ± 3900 (SD) mg/kgb. Het asbest in de bodem bestaat deels uit matrix gebonden asbest en deels uit losse respirabele vezels. De gemiddelde respirabele vezelconcentratie is 18 ± 28 (SD) mg/kg. De verontreiniging bevindt zich voornamelijk in de toplaag (bovenste 5 cm) en in de directe afwateringszone (0-100 cm) van de dakrand. Uit eerder gepubliceerde meetgegevens blijkt dat tijdens lichte activiteiten in de afwateringszone van sterk verweerde asbestdaken, zoals lopen, handmatig spitten/harken en grasmaaien, er nauwelijks asbestvezels in de lucht worden aangetroffen (maximaal ~185 vezels/m³)

Op basis van het blootstellingsmodel voor asbest in de bodem (Swartjes en Tromp, 2008) blijkt echter wel dat bij deze sterk verweerde asbestdaken er sprake kan zijn van een evident blootstellingsrisico bij het uitvoeren van zwaardere activiteiten in de afwateringszone (o.a. machinaal grondverzet).

Samenvatting

De literatuurgegevens (Tabel 5) tonen het verband tussen de bodemconcentratie en asbestconcentratie in de lucht bij beroering van de bodem. Hechtgebonden asbest in de bodem blijkt geen asbestemissie naar de lucht te veroorzaken. Voor niet hechtgebonden asbest is de

luchtconcentratie rechtstreeks gerelateerd aan de bodemconcentratie en de mate van beroering en omgekeerd gerelateerd aan het bodemvochtgehalte. De maximale daggrenswaarde van Vlare (5000 v/m³) blijkt niet overschreden te worden bij beroering van bodems met tot 600 mg/kgd asbest, de jaargrenswaarde van Vlare (1000 v/m³) wordt waarschijnlijk niet overschreden bij beroering van bodem met concentraties tot 100 mg/kgc.

Tabel 5: Samenvattende tabel van literatuurgegevens luchtconcentraties in functie van bodemconcentraties en beroering.

Hechtgebondenheid	Bodem-concentratie	Beroering bodem	Luchtconcentratie	Bron
Hechtgebonden	< 10.000 mg/kg	rijden op verontreinigde wegen, graven, storten of zeven	< detectielimiet (lage concentratie, geplot als 0 in figuur), geen asbest emissies	I
Niet-hechtgebonden	10.000 mg/kg	rijden op verontreinigde wegen, graven, storten of zeven	Tot 100 000 v/m ³ , > 1000 v/m ³ met geringe beroering	I
	600 mg/kg	Rijden, landbouw	3500 v/m ³	II
	300 mg/kg	Rijden, landbouw	1500 v/m ³	II
	< 300 mg/kg	Geen beroering (passieve toestand)	< 500 v/m ³	II
	< 100 mg/kg	rijden op verontreinigde wegen, graven, storten of zeven	< 1000 v/m ³	I
	25 mg/kg	Rijden, landbouw	1000 v/m ³	II

Bron: (I) Swartjes en Tromp, 2008, Nederland, bodemconcentratie gewogen (II) Obminski (2022), Polen, bodemconcentratie niet gewogen.

De literatuurgegevens zijn niet specifiek voor afdruiptzones, en ook de beroering is niet altijd representatief voor het type beroering dat in de afdruiptzone kan plaatsvinden (soms wel, bv. graven). In de grafieken van Obminski (2022) wordt wel specifiek verwezen naar bodem met niet-hechtgebonden asbest van dakbedekking. De gerapporteerde bodemconcentratie is ca. 500 mg/kg en de luchtconcentratie ca. 2500 v/m³.

3.2 NATUURLIJKE AFBRAAK (DENATURATIE) VAN ASBESTVEZELS

In een studie van Arcadis werd gesuggereerd dat natuurlijke afbraak van asbestvezels, met name Chrysotiel asbest, door verweringsprocessen in zure bodem, een alternatieve saneringsoptie kan zijn op locaties waar directe risico's beperkt zijn.

(<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/06/01/natuurlijke-afbraak-van-asbestvezels>).

De studie suggereert dat na 5 jaar onderzoek op sommige locaties meer dan 40% van de chrysotiel vezel is afgebroken onder invloed van bodemprocessen, waarbij een verschuiving van de Mg t.o.v. Si ratio als criterium van de uitloging en dus de afbraak van asbestvezels wordt gehanteerd. Zure bodems, hoge ammoniumconcentraties en hogere gehalten aan organisch stof bevorderen deze uitloging. De chemische samenstelling (Mg- en Si-gehalten) van de bestudeerde asbestvezels werd bepaald met een draagbare NITON portable XRF. Opgemerkt wordt dat het rapport geen melding geeft

van de meetonzekerheid bij de chemische bepaling met deze draagbare XRF sensor. Het rapport geeft geen melding over in hoeverre de ruimtelijke kristalstructuur van de restfractie is gewijzigd zodanig dat er geen sprake meer is van asbest, conform de geldende normen. Verder wordt er geen uitspraak gedaan over in welke mate de gezondheidkundige risico's van restfractie (uitgeloogde asbestvezels) effectief gewijzigd zijn. Het rapport geeft aan dat verdere studie nodig is om de afbraakprocessen te bevestigen en te bepalen of dit ook geldt voor asbestcement verontreinigen.

De mechanismen van biologische afbraak van silicaatmineralen zijn nog onvoldoende begrepen en er is weinig informatie over eventuele afbraaksnelheden. Er zijn wel studies die aangeven dat schimmels en korstmossen Fe kunnen verwijderen uit vaste asbestmaterialen (Hirsch et al., 1995; Balloi et al., 2010). In laboratoriumstudies zijn de oppervlakte-eigenschappen van chrysotielasbest naar verluidt veranderd door organische en anorganische zuren, waarbij oxaalzuur het meest effectief is voor het extraheren van sporenelementen aanwezig in de chrysotielvezel (Holmes en Lavkulich, 2014).

3.3 ASBEST VRIJSTELLING IN DE BINNENRUIMTE VANUIT ASBEST VERONTREINIGDE BODEM

3.3.1 Literatuur

Bij het ontbreken van een dakgoot is een zeker risico op 'inloop' van asbest(vezels) naar de woning aanwezig. In eerder gepubliceerd onderzoek (Tromp, 2007) zijn in situaties zonder dakgoot waar uitgespoelde asbesthoudende restanten zich bevinden in de directe inlooprouten naar woningen toe verhoogde asbestconcentraties rond de door de Gezondheidsraad afgeleide jaargemiddelde maximaal toelaatbare risiconiveaus gemeten. Het ging hierbij om woningcomplexen waarvan de woningen waren bekleed met asbestcement golfplaten daken met een directe inloop via een (verharde) afwateringszone naar de nabij gelegen woning.

Bij aanwezigheid van een dakgoot of in situaties waar de afwateringszone zich niet bevindt op de directe inlooprouten naar woningen is de kans op verontreiniging van de woning door inloop en inwaai van asbest(vezels) beperkt. Bij de metingen in woningen met asbestleien gevels en daken en in woningen in de nabijheid (5-25 meter) van schuren en stallen met asbestcement golfplaten daken ligt de asbestvezelconcentratie beneden de bepalingsgrens van 30 vezels/m³. Dit geldt ook voor het gesedimenteerd stof, waarin geen asbest is aangetroffen. Ook in andere gepubliceerde onderzoeken zijn in dergelijke situaties nauwelijks verhoogde asbestvezelconcentraties in de lucht aangetroffen ($\leq$ 100 vezels/m³). Hiermee liggen de gemeten asbestvezelconcentraties rond de door de Gezondheidsraad afgeleide jaargemiddelde verwaarloosbare risiconiveaus.

3.3.2 Berekende concentratie

Om een inschatting te kunnen maken van het aantal vezels dat vrij kan komen in de binnenlucht vanuit binnengelopen asbesthoudende grond is literatuur bekeken en op basis van deze gegevens is er tevens een berekening gemaakt.

Hierbij is het stappenplan gevolgd zoals weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 Stappenplan voor bepaling asbest vrijstelling in de binnenruimte vanuit binnengelopen bodem die met asbest verontreinigd is

stappenplan		onzekerheden
1	asbestconcentratie bodem massa verontreinigde stof onder schoeisel: lopen, afkloppen op plastic zeil, drogen en wegen massa, met name respirabele vezels	-
2	massa verontreinigde stof onder schoeisel: lopen, afkloppen op plastic zeil, drogen en wegen massa	profiel schoeisel, vochtigheid bodem, afstand verontreinigde bodem tot deur
3	totale massa verontreinigd stof in binnenruimte: aantal inlopen over bepaalde periode tot aan periodieke schoonmaken	aantal inlopen per dag, type ondergrond: zeil of tapijt, schoeisel wel/niet naar binnen, effectiviteit schoonmaakregime (nat vs stofzuigen, hoe vaak per week)
4	omrekenen naar vezelconcentratie in binnenruimte; volume ruimte (m3), oppervlak vloer (m2), ventilatievoud, asbestconcentratie op vloer (v/m2), bronsterkte (v/sec)/resuspensiefactor	bronsterkte/resuspensiefactor (% vezels in de lucht tov de vloer bij een bepaalde mate van activiteit), welke activiteiten in normaal huishouden, hoe splijting/verkruiden asbestagglomeraten/bundels in respirabele vezels meenemen
5	realistische worst case testen uitvoeren in afgeschermd ruimte met gesimuleerde activiteiten: lopen, springen, stofzuigen, ventilator, met/zonder tapijt (simulatietesten)	wat is een realistisch scenario, omrekening activiteitsblootstelling naar jaarlijkse blootstelling

Stap 1: Respirabele vezels bodem

Voor de bepaling van de hoeveelheid respirabele vezels (mg/kg) in de bodem is uitgegaan van de in Tabel 7 vermelde waarden afkomstig uit de rapportage van Tromp et al (2022). Voor de omrekening van respirabel asbest van mg/kg naar aantal vezels/kg is uitgegaan van gemiddelde vezeldimensies met een lengte 10 µm en een diameter 1 µm wat resulteert in een waarde van 2*10⁹ vezels voor 10 mg.

Tabel 7 Overzicht van berekende statistische parameters van de verzamelde meetdata van concentraties aan respirabele asbestvezels (mg/kg) uit diverse bodemonderzoeken in Nederland en Vlaanderen (Oosterwegel, 2014, Wetterauw, 2017, Peters et al, 2021)

respirabel asbest (mg/kg en aantal vezels/kg)	totaal	AC chr chr/croc	AC chr/croc	totaal	AC chr aantal vezels / kg	AC chr/croc
mean	17,5	16,1	20,2	3,5E+09	3,2E+09	4,0E+09
std	27,5	27,5	28,1	5,5E+09	5,5E+09	5,6E+09
medium	9,0	9,8	8,2	1,8E+09	2,0E+09	1,6E+09
geomean	4,0	4,0	4,2	8,1E+08	7,9E+08	8,4E+08
75 percentiel	22,7	21,4	26,0	4,5E+09	4,3E+09	5,2E+09
90 percentiel	41,4	36,6	70,0	8,3E+09	7,3E+09	1,4E+10
95 percentiel	75,4	61,9	106,0	1,5E+10	1,2E+10	2,1E+10
maximaal	160,0	160,0	106,0	3,2E+10	3,2E+10	2,1E+10

Stap 2: Schatting inloop verontreinigde bodem

De schatting van de hoeveelheid bodem die binnengelopen wordt is gebaseerd op de publicatie van Scheider (2008). Hierin wordt berekend dat de inloop van bodem ca. 0,1 - 0,2 gram/m²/dag bedraagt.

Stap 3: Maximale hoeveelheid verontreinigde bodem

Wanneer er uitgegaan wordt van het eenmaal per week verwijderen van het vloerstof door het schoonmaken (stofzuigen/dweilen) is er over een periode van 7 dagen een ophoping van stof. Dit betekent dat er zich tussen de 0,7 en 1,4 g/m² (7 dagen x (0,1 - 0,2 g/m²/dag)) verontreinigde bodem op de vloer bevindt.

In een studie uitgevoerd door VITO (Ovam, 2023) waar huisstof bemonsterd werd (samengesteld monster, meestal uit hal, living, keuken), werd een gemiddelde hoeveelheid vloerstof van 0,282 g/m² gemeten (mediaan van 0,083 g/m³, gemiddelde sterk beïnvloed door maximum van 3,8 g/m²) – na periode van 2 tot 6 dagen (op enkele adressen enkele dagen langer) zonder poetsen. De gemeten hoeveelheden vloerstof liggen lager dan de berekende maximale hoeveelheid verontreinigde bodem.

Wanneer er uitgegaan wordt van het eenmaal per week verwijderen van het vloerstof door het schoonmaken (stofzuigen/dweilen) is er over een periode van 7 dagen een ophoping van stof. Dit betekent dat er zich tussen de 0,7 en 1,4 g/m² (7 dagen x (0,1 - 0,2 g/m²/dag)) verontreinigde bodem op de vloer bevindt. In een studie uitgevoerd door VITO (Ovam, 2023) waar huisstof bemonsterd werd (samengesteld monster, meestal uit hal, living, keuken), werd een gemiddelde hoeveelheid vloerstof van 0,282 g/m² gemeten (mediaan van 0,083 g/m³, gemiddelde sterk beïnvloed door maximum van 3,8 g/m²) – na periode van 2 tot 6 dagen (op enkele adressen enkele dagen langer) zonder poetsen. De gemeten hoeveelheden vloerstof liggen lager dan de berekende maximale hoeveelheid verontreinigde bodem.

Stap 4: Vezelconcentratie in de binnenruimte

Om de benodigde vezelconcentratie in de binnenruimte in te kunnen schatten, dienen er aannames gedaan te worden betreffende het volume van de ruimte (m³), vloeroppervlak (m²), ventilatievoud (verversingsgraad), asbestconcentratie op vloer (v/m²) en de resuspensiefactor. Hierbij worden de volgende aannames gehanteerd:

- Totale oppervlak gemiddelde living bedraagt 50 m² en met een plafondhoogte van 3 m bedraagt het volume 150 m³.
- Het gemiddelde ventilatievoud in een living bedraagt circa 2 tot 3 keer.
- Het beroerd oppervlak wat aan activiteit onderhevig is, bedraagt ca. 10 - 25% van het totale vloeroppervlak.
- Op basis van literatuur (Thatcher&Layton 1995, Shaughnessy & Vu 2012, Qian&Ferro 2008, Qian et al 2008, NIST/EPA 2015, Kelman et al 1994, EPA 2009, Benabed 2022) is een grote spreiding in resuspensiefactoren gevonden, namelijk $1 \cdot 10^{-2}$ tot $1 \cdot 10^{-5}$. Deze waardes zijn afhankelijk van de testopzet (volume, oppervlak, activiteit, ventilatie, stof/vezels). De gemiddelde resuspensiefactor bevindt zich tussen de 110-3 en 110-4.

$$C_{max} = \frac{(Ar * L * RR)}{(V * Q)}$$

waarbij

C_{max}	maximale binnenluchtconcentratie bij activiteit (v/m ³)
Ar	beroerd oppervlak (m ²)
L	concentratie vloer (v/m ³)
RR	resuspensiefactor (1/uur)
V	volume ruimte (m ³)
Q	ventilatievoud (verversing/uur)

Tevens is de gemiddelde binnenluchtconcentratie (C_{gem}) berekend met de formule:

$$C_{gem} = \frac{Ad * C_{max}}{24}$$

Waarbij

C_{gem}	gemiddelde binnenluchtconcentratie bij activiteit (v/m ³)
Ad	activiteitsduur (uur)

Bovenstaande gegevens zijn gebruikt om de maximale concentratie in de binnenruimte (C_{max}) te berekenen met de formule:

In Tabel 8 zijn de resultaten weergegeven van de berekening van een laag (scenario 1), hoog (scenario 2) en gemiddeld scenario (scenario 3), waarbij voor het gemiddelde scenario een berekening is gemaakt op basis van gemiddelde factoren (3a) en een berekening op basis van het gemiddelde van het laag en hoog scenario (3b).

De maximale binnenluchtconcentratie bij binnengelopen bodem wordt ingeschat op 1,6 vezel/m³ voor het lage scenario en 233 vezel/m³ voor het hoge scenario. Gemiddeld (3a) bedraagt de maximale binnenluchtconcentratie 40 vezel/m³.

De daggemiddelde concentratie wordt ingeschat op 0,3 vezel/m³ voor het lage scenario en 78 vezel/m³ voor het hoge scenario. Gemiddeld (3a) bedraagt de gemiddelde binnenluchtconcentratie 10 vezel/m³.

Deze berekende waarden zijn in overeenstemming met eerder uitgevoerde metingen in de binnenlucht door TNO, VITO en literatuur. De gemeten concentraties zijn vaak lager dan de detectiegrens tot een enkele keer 100 vezels/m³.

In Vlaanderen is er een gezondheidkundige advieswaarde voor parameter asbest voor gebruik in MER (https://www.zorg-en-gezondheid.be/sites/default/files/2022-04/GAW_1_asbest.pdf) beschikbaar, waar een gezondheidkundige advieswaarde (GAW) in wordt voorgesteld van 28 v/m³ (chrysotiel) en 3 v/m³ (amfibolen) voor chronische blootstelling. In de afleiding hierboven wordt een gemiddelde asbestconcentratie van 10 v/m³ berekend (range 0,3 tot 78 v/m³). De gemiddelde concentratie ligt onder de advieswaarde voor chrysotiel (in de berekening werd geen opdeling gemaakt naar asbestsoort). Het is echter niet uitgesloten dat de advieswaarde kan overschreden worden (zie hoog scenario).

Tabel 8 Berekening van de maximale en gemiddelde binnenluchtconcentratie asbest vanuit binnengelopen asbest verontreinigende bodem op basis van verschillende factoren afgeleid vanuit de literatuur

Berekening concentratie (v/m3) Factoren	scenario 1 laag	scenario 2 hoog	scenario 2 hoog	scenario 3b gemiddelde laag + hoog
stof op vloer na 1 wk (gram/m2)	0,7	1,4	1,05	
asbest in stof (mg/kg)	10	20	15	
L - vezelconcentratie op de vloer (vezels/m2)	1E+06	6E+06	3E+06	
totaal oppervlak ruimte (m2)	50	50	50	
Ar - beroerd oppervlak bij activiteit (m2)	5	12,5	8,75	
V - volume ruimte (m3)	150	150	150	
Q - ventilatievoud (verversing/uur)	3	2	2,5	
RR - resuspensiefactor (1/uur)	1E-04	1E-03	5,5E-04	
totale emissie / bronsterkte (vezels/uur)	7E+02	7E+04	2E+04	
totale emissie / bronsterkte (vezels/seconde)	0,2	19,4	4,2	
aantal uren activiteit per dag (uur)	4	8	6	
Cmax - maximum concentratie bij activiteit (v/m3)	1,6	233	40	117
Cgem - daggemiddelde concentratie (v/m3)	0,3	78	10	39

Stap 5 Simulatietesten

Om de berekende data te verifiëren, kan het zinvol zijn om een realistische worst case simulatie test uit te voeren. Hiervoor kunnen in een gecontroleerde en afgeschermd ruimte activiteiten gesimuleerd worden, zoals lopen, springen, stofzuigen en lucht verplaatsen (gebruik ventilator) waarbij de ruimte zowel met als zonder tapijt voorzien kan zijn. Deze testen zijn niet voorzien in deze studie.

4 MATERIAAL EN METHODEN

4.1 REAL-LIFE SIMULATIES

Voor de real-life simulaties werden meetlocaties geselecteerd met voldoende lange en bereikbare afdruiptzone. Bij voorkeur werden locaties geselecteerd waar ook al een bodemonderzoek werd uitgevoerd en asbest in de bodem van de afdruiptzone werd aangetoond. Op elk van de meetlocaties werd een gelijkaardig meetplan uitgevoerd in 2022 en 2023, waarbij de bodem opnieuw bemonsterd werd en simulaties uitgevoerd werden met flankerende luchtmonstering. Het doel van de simulaties is om na te gaan of en in welke mate er asbestemissies uit de afdruiptzone kunnen plaats vinden, en of die in verband staan met de asbestconcentratie in de bodem, de mate van beroering, vochtgehalte, grondsoort, bemonsteringshoogte.

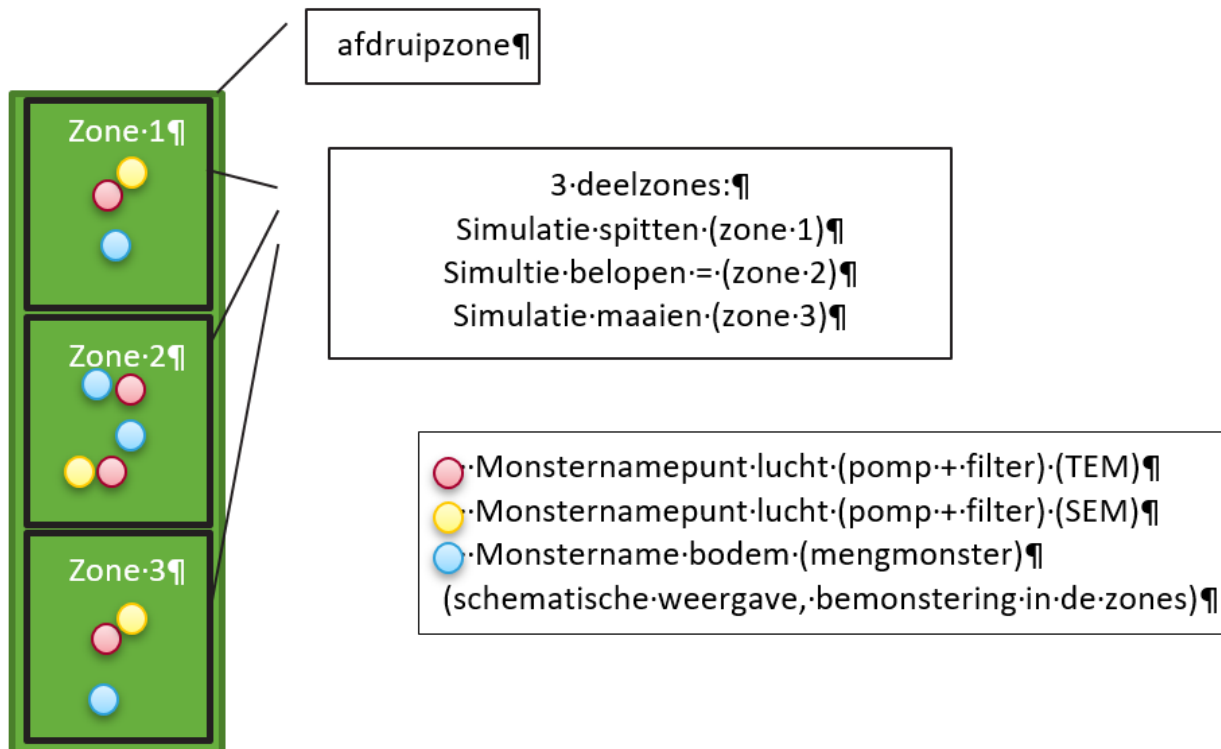
4.1.1 Meetplan

In Figuur 9 is het meetplan voor de afdruiptzones schematisch weergegeven. Er wordt een strook van minimaal negen meter geselecteerd die gelijkmatig onderverdeeld wordt in drie zones van elk minimaal drie meter. In elke zone worden achtereenvolgens drie verschillende simulaties uitgevoerd:

- belopen
- graven, harken
- maaien.

De simulaties werden telkens uitgevoerd gedurende 120 minuten.

Tijdens de simulaties werd een luchtbemonstering uitgevoerd om de asbestconcentratie in de lucht te bepalen (zie 4.1.3). De bodem werd bemonsterd op verschillende diepte (0-5 cm, 0-15 cm en 15-25 cm). Het meetplan wordt schematisch weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Meetplan voor afdruiptzones

Tevens werd er 3 meter windafwaarts op 1 punt een bemonstering voor TEM analyse uitgevoerd simultaan met de simulaties. Op één meetlocatie werd bijkomend een continue lucht bemonstering uitgevoerd gedurende 12 dagen ter hoogte van de afdruiptzone.

Na het uitvoeren van de werkzaamheden was het de bedoeling om de schoenzolen schoon te maken en de grond te verzamelen als representatief binnenloopmonster. De hoeveelheid grond was niet voldoende voor analyse, en omdat de prioriteit van dit project lag op het bepalen van de directe blootstelling vanuit de afdruiptzone in de buitenlucht werd deze monsterneming niet verder gezet. In plaats van metingen werd er een theoretische berekening uitgevoerd om een inschatting te kunnen maken van het aantal vezels dat vrij kan komen in de binnenlucht vanuit binnengelopen asbesthoudende grond (paragraaf 3.3).

4.1.2 Locaties

Er werden uiteindelijk 6 meetlocaties weerhouden voor de experimenten (Tabel 9).

Tabel 9: Meetlocaties en datum van bemonstering van de bodem en de uitvoering van de simulaties en luchtmetingen.

Locatie	Datum bodembemonstering	Datum luchtmetingen
Westlangeweg, Beveren	22/11/2022	6/12/2022 en 8/05/2023
Oud Arenberg, Doel	22/11/2022	12/12/2022
Kolonie, Wortel	22/11/2022	29/11/2022
Mulgrachtstraat, Mol	27/4/2023	3/05/2023
Hessie, Mol	27/4/2023	4/05/2023
Geelsebaan, Mol	27/4/2023	27/04/2023

Foto's van de meetlocaties zijn te bekijken in Bijlage A Meetlocaties

4.1.3 Real-life simulaties en bemonstering van de buitenlucht

De luchtbemonstering werd uitgevoerd tijdens de real-life simulaties. Op de meeste locaties konden de drie simulaties uitgevoerd worden (belopen, graven/harken, maaien).

Tijdens de simulaties werden luchtmonsters genomen met een stationaire opstelling in het kwadrant (en dus op korte afstand) van de simulatie. De bemonsteringshoogte was ca. 1,5 m wat overeenkomt met ademzone van een volwassen persoon. Er werd bemonsterd voor analyse met TEM (indirecte methode, NF X43-050) en met SEM (directe methode, ISO14966)

De bemonsteringsgegevens zijn gegeven in Bijlage B Bemonsteringsgegevens Luchtstalen. Op meetlocatie Westlangeweg werden de simulaties herhaald.

4.1.4 Luchtstalen

Niet alle bemonsterde luchtstalen werden geanalyseerd. Van de real-life locaties werden eerst de luchtstalen geanalyseerd die bemonsterd werden ten tijde van de activiteiten met de sterkste beroering (graven/harken/maaien). Indien in deze stalen geen asbest werd aangetroffen, werd besloten de luchtstalen met beperkte beroering (belopen) tot geen beroering (passief) niet te analyseren.

Er is voor gekozen om allereerst de TEM stalen te laten analyseren en op basis van deze resultaten een selectie te maken voor de SEM-analyse.

4.1.4.1 TEM luchtstalen

De bemonsterde filters werden voorbehandeld en vervolgens geanalyseerd met transmissie elektronenmicroscopie (TEM). Een uitgebreide beschrijving van de voorbehandelings- en analysemethode is opgenomen in Bijlage A. Bij de TEM voorbehandeling dient opgemerkt te worden dat de gebruikte filters voor de buitensimulatie moeilijk desintegreerden in de plasma-verasser. Er bleef een residu achter dat de analyses bemoeilijkten. Er werd een inschatting gemaakt dat de

aanwezigheid van dit residu mogelijks tot een onderschatting kan leiden -maar dat kon niet kwantitatief aangetoond worden.

4.1.4.2 Analyse SEM luchtstalen

Een uitgebreide beschrijving van de voorbehandelings- en analysemethode voor de SEM analyse van de luchtstalen is opgenomen in Bijlage F Rapport concentratie asbest-lucht SEM TNO.

4.1.5 Bemonstering bodem

De staalname werd uitgevoerd door ABO. Er werden per locatie op drie verschillende dieptes stalen verzameld, namelijk van 0-5, 0-15 en 15-25 cm-mv. De bodemonsters werden naar twee of drie verschillende labo's gestuurd voor asbest analyse met microscopie conform CMA/2/II/C.3 (Kwalificatie en berekening van asbest m.b.v. microscopie) en met SEM conform conform AS3000 en NEN 5898 (Bepaling van respirabele asbestvezels m.b.v. SEM). De bepaling van de respirabele vezels gebeurt op een deelstaal van ongeveer 2,5 g uit de <500 µm zeeffractie.

Voor alle locaties werd door VITO een mengstaal van de bodem (0-5 cm-mv) van de afdruiptzone genomen voor de tweede en derde simulatieproeven met gedroogde grond.

4.2 LABOSIMULATIE

Vanwege de extreem natte weersomstandigheden in de periode oktober 2022 t/m maart 2023 is bekeken of simulatie testen van beroering van asbesthoudende grond in het laboratorium mogelijk een alternatief zouden kunnen zijn voor de real-life simulatie testen. Met de labosimulatie kan het vochtgehalte gecontroleerd worden, waardoor het effect van vochtgehalte op de mate van vrijstelling bestudeerd kan worden.

4.2.1 Literatuur

Na literatuuronderzoek is gebleken dat Kominski et al (2010), werkzaam bij de U.S. EPA, een veldbemonsteringsinstrument ("releasable asbest field sampler" (RAFS)) ontwikkeld hebben als alternatief voor real-life persoonlijke bemonstering tijdens gesimuleerde activiteiten. De RAFS maakt gebruik van een prik- en trilbeweging om de bodem te beroeren en de asbestvezels te aerosoliseren. Een zachte laterale luchtstroom transporteert de gegenereerde aerosol in een tunnel naar één kant waar filter bemonsteringscassettes of real-time instrumenten worden gebruikt om de vrijgekomen asbest en deeltjes te meten. De RAFS werd getest in een reeks laboratoriumexperimenten om zijn prestaties te valideren en werd vervolgens ingezet voor veldproeven in met asbest verontreinigde grond op verschillende geografische locaties.

Uit laboratoriumgegevens bleek dat de RAFS herhaalbare en representatieve aerosoldeeltjes genereerden. Uit veldproeven bleek dat de door de RAFS geaerosoliseerde asbestconcentraties statistisch gecorreleerd waren met de totale deeltjesconcentraties. Uit veldproeven bleek ook dat de door RAFS geaerosoliseerde asbestconcentraties statistisch gecorreleerd waren met asbestconcentraties gemeten door meerdere real life simulatie testen met verschillende activiteiten, verschillende bodem- en milieuomstandigheden (10-35% vocht, 0,6-1,7 m/s), en op verschillende geografische locaties. Bij een hoger vochtgehalte of een hogere luchtsnelheid nam de asbestconcentratie in de lucht af. De RAFS maakt geen gebruik van luchtcirculatie, maar is een doorblaassysteem.

Maulida et al (2022) heeft eveneens onderzocht of het gebruik van een "releasable asbestos sampler (RAS)" voor laboratoriumproeven een alternatief is voor activity-based sampling (ABS). Ook is bekeken of het toestel toe te passen is in het veld, vanwege het meer controlerende karakter van windsnelheid

en watergehalte. De RAS maakt gebruik van een heen en weer rollende hark om de bodem te beroeren. Er werden twee met asbest verontreinigde mijnen geselecteerd waarbij in elke mijn 21 bovengrondse bodems (0~15 cm) bemonsterd zijn waarvan de asbestconcentraties werden bepaald. Vervolgens werden drie representatieve locaties, met 0,25%, 0,50% en 0,75% asbest in de bodem, gekozen om de hoeveelheid vrijgekomen asbest in het laboratorium te evalueren waarbij verschillende scenario's bekeken zijn (variatie in windsnelheid 0-5 m/s en watergehalte 0-30%). Uit de resultaten bleek dat de niveaus van vrijkomend asbest van de bodem naar de lucht toenamen met hogere windsnelheden en een lager watergehalte. Aangezien de lucht gecirculeerd en niet ververst werd zijn deze resultaten niet verwonderlijk.

Op basis van deze bevindingen is besloten een vereenvoudigde RAFS te construeren om hiermee laboratorium simulatie testen uit te voeren met asbest verontreinigde grond die op dezelfde locaties verzameld is waar de real-life simulatie testen uitgevoerd zijn.

4.2.2 Simulatie opstelling en bemonstering labolucht

De simulaties werden uitgevoerd met ovendroge bodem (0% vochtgehalte, gravimetrische bepaling, geen verdere gewichtsafname). Een dergelijk laag vochtgehalte komt in de buitenomgeving niet voor. Tijdens lange droge periodes kan de toplaag van de afdruiptzone eventueel wel volledig uitgedroogd zijn, met lage vochtgehalten die het vochtgehalte van de bodem in de simulaties benadert. Het vochtgehalte van de bodem blijkt bepalend te zijn voor vezelemisaties naar de lucht; onder droge omstandigheden kunnen de hoogste emissies verwacht worden. Er werden simulaties uitgevoerd waarbij wind geblazen werd over de bodem zonder beroering van de bodem, en een simulatie waarbij de bodem terwijl beroerd werd (harken). Voor deze laatste simulatie werd de bodem met de hoogste asbestconcentratie geselecteerd. In totaal werden er zeven simulaties uitgevoerd (Tabel 10). Tijdens de simulaties werd de lucht boven het bodemoppervlak bemonsterd om vezelemisaties naar de lucht te kunnen bemeten.

Tijdens de experimenten werd de lucht niet ververst, wat een situatie is die zich niet voordoet in de buitenomgeving. In die zin zijn de labo-simulaties worst-case naar vezelemisaties en vezelconcentraties in de lucht. Aangezien de labo-opzet niet representatief is voor de buitenomgeving kunnen de resultaten niet verder geëxtrapoleerd worden naar de buitenomgeving, noch afgetoetst worden aan Vlare richt- en grenswaarden.

De labo simulaties zijn worst-case benaderingen om potentiële asbestemissies te meten, die niet één op één vertaalbaar zijn naar de reële buitensituatie. Stofopwaai neemt buiten toe bij hogere windsnelheden, maar dan is de verspreiding en de verdunning van de lucht het hoogst. Bij windstil weer zal er geen materiaal opstuiven uit de afdruiptzone in passieve toestand. De meest kritische situatie is wanneer bij windstil weer de droge bodem van de afdruiptzone beroerd wordt. Asbestemissies door beroering naar de lucht zullen minder snel verspreiden en de verdunning is ook minder.

Het doel van de labo simulaties is om de hypothese te onderzoeken dat er onder worst-case omstandigheden vanuit bodem van de afdruiptzone (droog) in passieve toestand of bij beroering van bodem van de asbestemissies kunnen zijn, in welke vorm de vezels in de lucht zitten (gebonden/ongebonden).

Deze simulatieproef benadert een theoretisch worst-case scenario met 0% bodemvocht, hoge asbestconcentraties, actieve beroering, geen luchtverversing en een lucht bemonstering vlakbij het grondoppervlak (waardoor potentieel opgewaarde grotere asbestdeeltjes worden gemeten die

normaal niet opwaaien tot in de ademzone). De simulatie is uitgevoerd in een gesloten handschoenkast (0,7 m³) die in een trekkast geplaatst is. In deze trekkast is een simulatietoestel geplaatst bestaande uit een aluminium bak waarin gedroogde grond wordt uitgespreid (afkomstig van bovenste 5 cm van de veldbemonstering) en waarover een luchtstroom wordt geleid door middel van een regelbare ventilator (Figuur 10).



Figuur 10 Simulatie toestel met ventilator, bak voor grond en openingen voor filtercassettes.



Figuur 11 Simulatie toestel met bak (0,3 x 0,4 m) gevuld met grond (0,03 m) in handschoenkast, links: open bak, rechts: gesloten bak met 2 filtercassettes. De onderzijde van de cassettes bevinden zich circa 2,5 cm boven het grondoppervlak (Figuur 11).

4.2.3 Scenario's

In de handschoenkast vindt geen luchtverversing plaats, vrijkomende asbestvezels accumuleren dus in het vaste luchtvolume. De snelheid van de luchtstroom over het grondoppervlak is afgeleid van de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid over Vlaanderen van 3,3 m/s (<https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimatologisch-overzicht/2022/jaar>)

De grond die gebruikt is voor de simulaties is grond afkomstig van de 0-5 cm-mv van de 6 locaties waar ook de real-life testen door zijn gegaan. Deze grond is voorafgaande aan het simulatie experiment in bakken uitgespreid en gedroogd op 60 °C voor minimaal 3 dagen in een oven en elke dag eenmaal manueel geroerd. Wanneer er geen gewichtsafname meer werd geconstateerd werd de grond als droog beschouwd (0% bodemvocht) en in een afgesloten emmer bewaard tot aan de simulatie. De bodemvochtcondities tijdens de real-life buitensimulaties waren zeer nat (Westlangeweg, Oud Arenberg, Kolonie) tot op veldcapaciteit (Mulgrachtstraat, Hessie, Geelsebaan).

In Tabel 10 is een overzicht weergegeven van de geselecteerde locaties, met asbestconcentraties in de grond, grondtype, vochtconditie, meethoogte, luchtconditie en beroering.

Tijdens de simulatie werd de droge grond tot de rand van de bak uitgespreid. Op één positie werd een filterhouder geplaatst voorzien van een 0.8-µm poriëngrootte, 25-mm diameter MCE membraan met een 50-mm extension cowl (TEM) en op de tweede positie een 25-mm goudbedampte filter met een 50-mm extension cowl (SEM). De middelste bemonsteringspositie werd niet gebruikt. Voor de

TEM/SEM filter werd een bemonsteringsvolume in de range van 12,5-15 lpm geselecteerd en een duur van 90 min gehanteerd. Na start van de bemonsteringspompen werd de ventilator ingeschakeld. Na het experiment met droge grond en ventilatie werd voor de locatie met de hoogste concentratie asbest in de bodem (Westlangeweg) ook een experiment uitgevoerd met beroering. Hiervoor werd de deksel van de bak verwijderd, zodat met behulp van een handhark beroering van de grond in de bak mogelijk was. Ook hier werd dezelfde bemonsteringshoogte, hetzelfde ventilatiedebiet, experimentduur, bemonsteringsdebiet en -tijd gehanteerd zoals hierboven vermeld.

Tabel 10 Geselecteerde locaties voor de labo simulatie met asbestconcentratie in de bovenste 5 cm van de bodem en grondtype, vochtconditie, bemonsteringshoogte, luchtconditie en beroering

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Type grond	Vocht- conditie	Meet- hoogte (m+mv)	Lucht- conditie	Beroering
Westlangeweg	ACMAA ALWEST	420.000 18.000	klei	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	x Geen, 1 x Manueel harken
Oud Arenberg	ACMAA ALWEST	790 1.400	Leem	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	Geen
Kolonie	ACMAA ALWEST	110 92	Zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	Geen
Mulgrachtstraat	ACMAA ALWEST OMEGAM	7.200 1.300 8,5	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	Geen
Hessie	ACMAA ALWEST OMEGAM	62.000 1900 1100	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	Geen
Geelsebaan	ACMAA ALWEST OMEGAM	39.000 3.660 170	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	Geen

m-mv = meter minus maaiveld

m+mv = meter boven maaiveld

4.3 BUITENSIMULATIES

Deze simulatieproef hanteert een realistischere benadering dan de labosimulatie hiervoor beschreven door gebruik te maken van verschillende percentages bodemvocht (0-25%), hoge asbestconcentraties, actieve beroering, maar wel met luchtverversing (buitenlucht) en een luchtbemonstering op knie- en ademhoogte.

4.3.1 Simulatie opstelling en bemonstering buitenlucht

In Figuur 12 is de opstelling voor de buiten simulatie weergegeven. Aan de linkerzijde is de bak gevuld met grond (afmeting 1 x 1 meter) te zien waarbij er aan de achterzijde van de bak een statief staat met twee windvanen hierop bevestigd. Wind-afwaarts zijn de statieven geplaatst voor de bemonstering van de luchtstalen. Voor TEM analyse werd een 50 mm MCE filter met een porie grootte van $0,45\ \mu\text{m}$ bemonsterd waarbij het filter in een filterhouder met extension cowl geplaatst werd (25 lpm, 90 minuten). Het aanzuigdebiet bij de buitensimulatie is hoger dan tijdens de labosimulatie, omdat tijdens de buitensimulatie een grotere filter werd gebruikt dan tijdens de labosimulatie (diameter: labo 25 mm, buiten 50 mm) Voor SEM analyse werd een geprepareerde filter cassette met hierin een 25 mm goud gecoate $0,8\ \mu\text{m}$ polycarbonaat filter met een poriegrootte van $0,8\ \mu\text{m}$ gebruikt (12,5 lpm, 90 minuten). Op twee verschillende hoogtes (1,5 m+mv – ademhalingszone staan/ 0,6 m+mv ademhalingszone knielen/kruipen) werden luchtstalen verzameld. Het windafwaarts meten op twee verschillende hoogtes zorgt er voor dat de kans op een positief resultaat (asbest aangetroffen) hoger is gegeven het lokaal windprofiel.



Figuur 12 Opstelling buiten simulatie met bak grond van 1 x 1 meter met windvanen en windafwaartse bemonstering van luchtstalen voor SEM en TEM op 1,5 en 0,6 m+mv

Tijdens de 90 minuten bemonstering werd er wind-opwaarts continu geharkt zoals weergegeven in Figuur 13. Er werden enkel simulaties uitgevoerd wanneer er geen neerslag was.



Figuur 13 Manuele beroering (harken) vanaf wind-opwaartse zijde

4.3.2 Scenario

Voor het uitvoeren van de buitensimulaties zijn vier locaties van de real-life simulatie studie geselecteerd met verschillende concentraties asbestvezels in de bodem en een verschillende grondsoort, zoals weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 Geselecteerde locaties voor buiten simulatie studie met asbestconcentratie in de bovenste 5 cm van de bodem en grondtype, vochtconditie, bemonsteringshoogte, luchtconditie en beroering.

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Type grond	Vocht- conditie	Meethoogte (m+mv)	Lucht- conditie	Beroering
Westlange- weg	ACMAA	420.000	Klei	0/10 %	0,6 en 1,5	Buitenlucht	Manueel harken
	ALWEST	18.000					
Oud Arenberg	ACMAA	790	Leem	0/10 %	0,6 en 1,5	Buitenlucht	Manueel harken
	ALWEST	1.400					
Mulgracht- straat	ACMAA	7.200	Lemig	0/10/25 %	0,6 en 1,5	Buitenlucht	Manueel harken
	ALWEST	1.300	zand				
Geelsebaan	OMEGAM	8,5	Lemig zand	0 %	0,6 en 1,5	Buitenlucht	Manueel harken
	ACMAA	39.000					
	ALWEST	3.660					
	OMEGAM	170					

m-mv = meter minus maaiveld

m+mv = meter boven maaiveld

Per meetlocatie werd nieuwe bodem verzameld van de bovenste 5 cm (15 liter). Deze grond is in twee fasen gedroogd. Allereerst is deze uitgespreid in bakken en enkele dagen voorgedroogd in een lokaal bij kamertemperatuur. Daarna zijn de bakken met grond in de oven geplaatst zoals bij de labo-simulatie hierboven reeds beschreven, totdat er geen gewichtsafname meer waarneembaar was.

De droge grond (0% vocht) is vervolgens uitgespreid in de simulatie bak die buiten geplaatst werd. Vervolgens is de grond in de bak geharkt en tijdens deze simulatie zijn stalen verzameld op 0,6 m en 1,5 m hoogte. Er zijn tijdens de buitensimulatie geen bemonsteringen uitgevoerd wanneer er geen beroering was (passief).

Wanneer er asbestvezels werden aangetoond is na de droge simulatie de grond bevochtigd (10% gravimetrisch vochtgehalte) waarna de simulatie nogmaals herhaald werd en nieuwe stalen verzameld werden.

Wanneer er bij 10% vocht asbestvezels werden aangetoond is het experiment voor een 3^e keer herhaald met een nog hoger vochtpercentage (25%) waarna weer nieuwe stalen verzameld werden.

Allereerst werden de stalen met TEM geanalyseerd. Hierbij is een stapsgewijze methodiek toegepast. Als eerste zijn de stalen geanalyseerd waarbij de hoogste vezelconcentraties in de lucht werd verwacht (bodem met hoogste asbest concentratie + droogste conditie). Wanneer er in deze stalen vezels aangetoond werden, dan werden de 10% vocht stalen geanalyseerd. Indien in de 10% vochtstalen weer vezels werden aangetoond, dan werden de 25% vocht stalen geanalyseerd.

Op basis van de TEM data zijn vervolgens SEM stalen geselecteerd voor analyse door TNO.

5 MEETRESULTATEN BODEM

5.1 ASBESTCONCENTRATIE BODEMPROFIEL

In Tabel 12 zijn de asbestconcentraties in de bodem op de meetlocaties voor verschillende bodemdieptes (0-5, 0-15 en 15-25 cm-mv) weergegeven. In deze tabel is ook een overzicht weergegeven welk staal voor welke simulatiestudie gebruikt is.

De asbestconcentraties, uitgemiddeld over de bovenste 25 cm van het bodemprofiel op basis van monsternamen van de 0-15 cm-mv en de 15-25 cm-mv bodemlagen, werd bepaald voor asbestdeeltjes > 0.5 µm, en afzonderlijk voor de respirabele vezelfractie (Tabel 13). Asbestconcentraties worden gewogen, waarbij niet-hechtgebondenheid asbest 10x zwaarder doorweegt op het eindresultaat ($C = C_h + 10 \times C_{nh}$). Voor de respirabele vezelfractie wordt de massa per vezel bepaald op basis van vezeldimensies en de dichtheid. Voor de respirabele vezelfractie werd een weging naar asbestsoort uitgevoerd (naar Nederlandse methode). De detectielimiet voor respirabele vezelfractie ligt op <0,1 mg/kg voor serpentijn en amfibool, maar door toepassing van de verzwarende factor 10 voor amfibool wordt gerapporteerd bij een detectielimiet van <1,1 mg/kg voor de som van beide (totaal gehalte respirabele vezels).

Identieke bodemonsters werden opgesplitst en voor Westlangeweg, Oud Arenberg en Kolonie aan twee verschillende labo's bezorgd voor bodemanalyse. Voor de locaties Geelsebaan, Mulgrachtstraat en Hessie werden identieke bodemonsters opgesplitst en aan drie verschillende labo's bezorgd voor bodemanalyse

Tabel 12 Asbestconcentraties in de bodem op de meetlocaties voor verschillende bodemdieptes (0-5, 0-15 en 15-25 cm-mv) en overzicht stalen simulaties

Locatie	staal	diepte (cm)	Asbest-concentratie ACMAA/Eurofins (mg/kg ds)			Asbest-concentratie Alwest (mg/kg ds)			Asbest-concentratie Omegam (mg/kg ds)			Simulatie- studie		
			Respirabel (SEM)	Cnh		Respirabel (SEM)	Cnh		Respirabel (SEM)	Cnh		Real-life	Labo	Buiten
Westlange- weg Beveren	1	0-5	420000	180*	42000	18000	<1,1	1800	NB	NB	NB	X	X	X
	2	0-15	120000	30*	12000	28000	76	2700	NB	NB	NB	X		
	3	15-25	67000	3,6	6700	6100	37	610	NB	NB	NB	X		
Oud Arenberg Doel	1	0-5	790	<1,1	22	1400	<1,1	37	NB	NB	NB	X	X	X
	2	0-15	800	0,2	26	1400	<1,1	36	NB	NB	NB	1		
	3	15-25	3500	<1,1	150	1300	<1,1	<2	NB	NB	NB	1		
Kolonie Wortel	1	0-5	110	<1,1	11	92	<1,1	9,2	NB	NB	NB	X	X	
	2	0-15	170	<1,1	17	680	<1,1	68	NB	NB	NB	X		
	3	15-25	110	<1,1	11	12	<1,1	1,2	NB	NB	NB	X		
Mulgracht straat Mol	1	0-5	7200	<1,1	720	1300	1,1	130	8,5	<1,1	0,0	X	X	X
	2	0-15	52000	0,4	5200	820	<1,1	81	12	0,9	0,0	X		
	3	15-25	120	0,3	12	130	<1,1	13	2,9	<1,1	0,0	X		
Hessie Mol	1	0-5	62000	0,2	6200	1900	10	190	1100	18	114	X	X	
	2	0-15	81	7	8,1	160	<1,1	16	2,0	<1,1	0,0	X		
	3	15-25	<2	<1,1	6200	12	<1,1	1,2	0,0	<1,1	0,0	X		
Geelse- baan Mol	1	0-5	39000	30	3900	3600	16	340	170	0,1	0,0	X	X	X
	2	0-15	59000	26	5900	2300	0,4	230	7,2	0,1	0,0	X		
	3	15-25	86	1,3	8,6	87	<1,1	8,7	0,5	1,1	0,0	X		

** = concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

NB = niet beschikbaar

¹ = geen graaf simulaties

Tabel 13 Gemiddelde gewogen asbestconcentratie in het bodemprofiel (0-25 cm-mv) van de afdruiptzone op de verschillende meetlocaties, bepaald door verschillende labo's.

Locatie	diepte (cm)	Labo 1: ACMAA/Eurofins		labo 2: Alwest		labo 2: Alwest Conc.	
		Conc. (mg/kg, gewogen)	Resp vezel (mg/kg)	Conc. (mg/kg, gewogen)	Resp vezel (mg/kg)	Conc. (mg/kg, gewogen)	Resp vezel (mg/kg)
Westlangeweg, Beveren	0-25	98.800	3*	19.240	60	NB	NB
Oud Arenberg, Doel	0-25	1880	0,2*	19.240	19.240	NB	NB
Kolonie, Wortel	0-25	146	< 1,1	19.240	19.240	NB	NB
Mulgrachtstraat, Mol	0-25	31.248	< 1,1	19.240	19.240	60	<1,1
Hessie, Mol	0-25	49	5	19.240	19.240	1	<1,1
		35.434	16	19.240	19.240	NA	<1,1

* concentratie van 0,3 mg/kg vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

** waarde ligt onder detectielimiet door toepassing van factor 10 bij bepaling detectielimiet (zonder weging detectielimiet <0,1), zie *.

Op alle meetlocaties werden aanzienlijke tot zeer hoge asbestconcentraties gemeten in de >0,5 mm fractie in de bovenste 25 cm van de bodem (dieper werd niet bemonsterd).

De spreiding op de meetresultaten voor identieke bodemmonsters is aanzienlijk. De verklaring hiervoor vergt verder onderzoek dat buiten de scope van deze studie valt. Maar het is duidelijk dat de asbestconcentratie het laagst is op twee meetlocaties (Hessie en Kolonie) (in grootteorde van 100 mg/kg). Op de andere locaties variëren de gerapporteerde asbestconcentraties tussen enkele honderden mg/kg tot bijna 100000 mg/kg. Deze asbestconcentraties liggen aan de hoge kant van het bereik dat gerapporteerd werd in de studie van Abesim (2019) waar op 33 locaties (80%) minstens voor 1 van de 3 ontnomen bodemstalen uit de afdruiptzone de concentratie hoger dan 100 mg/kg ligt, op 5 locaties (12%) hoger dan 1.000 mg/kg en op 1 locatie worden concentraties van 27.000 en 64.000 mg/kg aangetroffen. De gemeten asbestconcentraties in de bodem op Westlangeweg en Oud Arenberg zijn in een eerdere studie van ABO (2021) reeds bepaald door ACMAA/Eurofins en deze concentraties zijn vergelijkbaar met de concentraties van ACMAA/Eurofins in onderhavig onderzoek. De asbestconcentratie in de grond van Kolonie is eerder bepaald door ECCA (Abesim studie 2019, locatie 17) en is vergelijkbaar met de concentratie van ACMAA/Eurofins in onderhavig onderzoek. Voor de overige locaties (Mulgrachtstraat, Hessie en Geelsebaan) zijn geen historische gegevens beschikbaar.

Omdat de spreiding van de meetresultaten voor de identieke bodemmonsters niet kan verklaard worden, is een uitspraak over de absolute waardes ervan en de vergelijking met de studie van Abesim niet mogelijk. Op basis van de bodemconcentraties konden wel de locaties met de relatief hoogste en laagste asbestconcentraties bepaald worden met het oog op de selectie van de gronden voor de labo- en buitensimulatie.

De respirabele vezelconcentratie varieert van < 1,1 mg/kg (geen respirabele vezels gemeten) tot 60 mg/kg. **Er werden op een aantal meetlocaties respirabele vezels gemeten, maar er blijkt geen verband tussen de asbestconcentratie van de >0,5 mm fractie en de concentratie aan respirabele vezels.** Ook dit dient voorwerp uit te maken van verder onderzoek dat buiten de scope valt van deze studie. Door labo 1 werd voor meetlocaties met vergelijkbare asbestconcentratie van de >0,5 mm fractie (Geelsebaan en Mulgrachtstraat, Tabel 13) bijvoorbeeld respectievelijk een gemiddelde respirabele vezelconcentratie van 16 mg/kg vastgesteld terwijl er voor de andere locatie geen respirabele vezel vastgesteld werd. Op een meetlocatie met relatief lage asbestconcentratie in de >0,5 mm fractie werd een relatief hogere concentratie respirabele vezels gemeten (Hessie). In de analyses van een tweede labo (waarbij de analyse van de respirabele vezels door hetzelfde labo als labo 1 werd uitgevoerd), werd op slechts één meetlocatie respirabele vezels gemeten (wel heel hoge concentratie van 60 mg/kg), met name op de locatie met de hoogste gemiddelde asbestconcentratie in de >0,5 mm fractie (19.240 mg/kg).

De bepaling van de concentratie respirabele vezels is kwalitatief, en wordt gedaan op basis van een zeer beperkte hoeveelheid bodemmateriaal, waarbij het meetresultaat dan -met grote onzekerheidsmarge- geëxtrapoleerd wordt uitgaande van een homogene verdeling respirabele vezels in het bodemstaal of in de afdruiptzone. (wat niet het geval is; zie spreiding op de meetresultaten). Door de beperkte hoeveelheid analyseerbaar materiaal is de kans op een vals negatief resultaat ook relatief groot (mogelijke verklaring voor verschil tussen labo 1 en 2 voor meetlocaties Geelsebaan, Hessie en Oud Arenberg).

Vanwege de aanzienlijke spreiding op de meetresultaten voor identieke bodemonsters (verder onderzoek buiten de scope van deze studie) konden voor nu enkel de gronden voor de lab- en buitensimulatie geselecteerd worden, maar zijn er geen andere conclusies te trekken. De geselecteerde meetlocaties zijn geschikt bevonden voor de simulaties (wordt bevestigd op basis van de analyses van de toplaag van de bodem (0-5 cm-mv).

5.2 ASBESTCONCENTRATIE IN DE TOPLAAG

De toplaag (0-5 cm-mv) werd apart bemonsterd. Ook hier werden identieke bodemonsters verdeeld over twee verschillende labo's voor de locaties Westlangeweg, Oud Arenberg, Kolonie en over drie verschillende labo's voor de locaties Mulgrachtstraat, Hessie en Geelsebaan. Dezelfde onverklaarbare spreiding in meetresultaten werd vastgesteld gaande van geen tot ruim 400.000 mg/kg.^a aan asbestconcentraties (niet gewogen is dit 40 000 mg/kg of 4%, fractie 0,5-4 mm bijna volledig asbesthoudende deeltjes).

Tabel 14: Asbestconcentratie in de toplaag van de bodem (0-5 cm-mv) van de afdruiptzone op de verschillende meetlocaties, bepaald door drie verschillende labo's.

		labo 1 Eurofins/Acmaa		labo 2 ALWEST		labo 3 OMEGAM	
		concentratie (mg/kg, gewogen)	Resp. vezel (mg/kg)	concentratie (mg/kg, gewogen)	Resp. vezel (mg/kg)	concentratie (mg/kg, gewogen)	Resp. vezel (mg/kg)
Westlangeweg, Beveren	0-5 cm	420.000	180*	18.000	<1,1	NA	NA
Oud Arenberg, Doel	0-5 cm	790	<1,1	1400	<1,1	NA	NA
Kolonie, Wortel	0-5 cm	110	<1,1	92	<1,1	NA	NA
Mulgrachtstraat, Mol	0-5 cm	7200	<1,1	1300	1	8,5	<1,1
Hessie, Mol	0-5 cm	62.000	0,2	1900	10	1100	18
Geelsebaan, Mol	0-5 cm	39.000	30	3600	16	170	0,1

Cnh = concentratie niet-hechtgebonden asbest

Asbest in de toplaag van de afdruiptzone is voornamelijk niet-hechtgebonden asbest uit de fijnere zeeffracties (partikelgrootte van 0,5 tot 4 mm) (zie resultaten van labo 1, voor toplaag 0-5cm-mv in Tabel 15). Dit zijn asbestcement partikeltjes die van het dakoppervlak eroderen en met het regenwater in de afdruiptzone terecht komen en als niet-hechtgebonden geclassificeerd worden omdat het bindingsmateriaal sterk gedegradéerd is (Obminski, 2022, Tromp et al, 2022). In de afdruiptzone vermengen deze partikels zich met het bodemmateriaal, en kan de bindingsmatrix mogelijks verder aangetast worden zodat de asbestvezels vrij kunnen komen. De vrije asbestvezels kunnen ook loskomen op het dakoppervlak zelf, en als vezels afspoelen naar de afdruiptzone. Het relatief belang van beide processen kan niet achterhaald worden op basis van de data.

De aanwezigheid van hechtgebonden fragmenten uit de grovere zeeffractie kan ook een groot effect hebben op de totale concentratie (zie Oud Arenberg in Tabel 15). Deze fragmenten kunnen bijdragen tot een hoge asbestconcentratie in de bodem, maar dragen niet of nauwelijks bij aan vrijstelling van respirabele vezels naar de lucht.

Tabel 15: Asbestgehalte (niet gewogen) in de toplaag van de bodem van de verschillende locaties, opgedeeld in zeeffracties en hechtgebondenheid (EUROFINS/ACMAA).

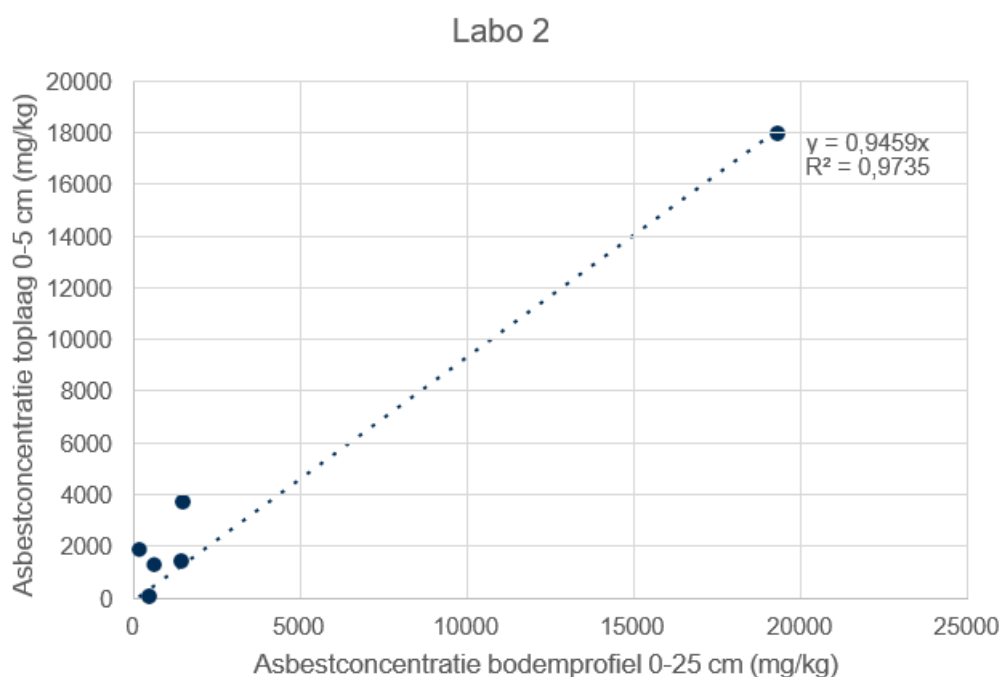
		> 20 mm	8 - 20 mm	4 - 8 mm	2 - 4 mm	1 - 2 mm	0,5 - 1 mm	Totaal
Westlangeweg	Aantal deeltjes		1	6	54	59	63	183
	Gehalte nh asbest (mg/kg)		78	37	10450	10178	21713	42456
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)		78	37	10450	10178	21713	42456
	percentage nh asbest		100%	100%	100%	100%	100%	100%
	percentage deeltjesfractie	0%	0%	0%	25%	24%	51%	
Oud Arenberg	Aantal deeltjes		4	2	15	6	22	49
	Gehalte nh asbest (mg/kg)				2	2	18	22
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)		551	12	4	2	18	587
	percentage nh asbest		0%	0%	42%	100%	100%	4%
	percentage deeltjesfractie	0%	94%	2%	1%	0%	3%	
Kolonie	Aantal deeltjes				11	7		18
	Gehalte nh asbest (mg/kg)				5	6		11
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)				5	6		11
	percentage nh asbest				100%	100%		100%
	percentage deeltjesfractie	0%	0%	0%	42%	58%	0%	
Mulgracht	Aantal deeltjes			4	59	53	51	167
	Gehalte nh asbest (mg/kg)			2	110	109	499	720
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)			2	110	109	499	720
	percentage nh asbest			100%	100%	100%	100%	100%
	percentage deeltjesfractie	0%	0%	0%	15%	15%	69%	
Hessie	Aantal deeltjes				53	57	51	161
	Gehalte nh asbest (mg/kg)				316	780	5088	6184
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)				316	780	5088	6184
	percentage nh asbest				100%	100%	100%	100%
	percentage deeltjesfractie	0%	0%	0%	5%	13%	82%	
Geelsebaan	Aantal deeltjes		1	10	51	53	59	174
	Gehalte nh asbest (mg/kg)		62	21	114	421	3252	3870
	Gehalte h+nh asbest (mg/kg)		62	21	114	421	3252	3870
	percentage nh asbest		100%	100%	100%	100%	100%	100%
	percentage deeltjesfractie	0%	2%	1%	3%	11%	84%	

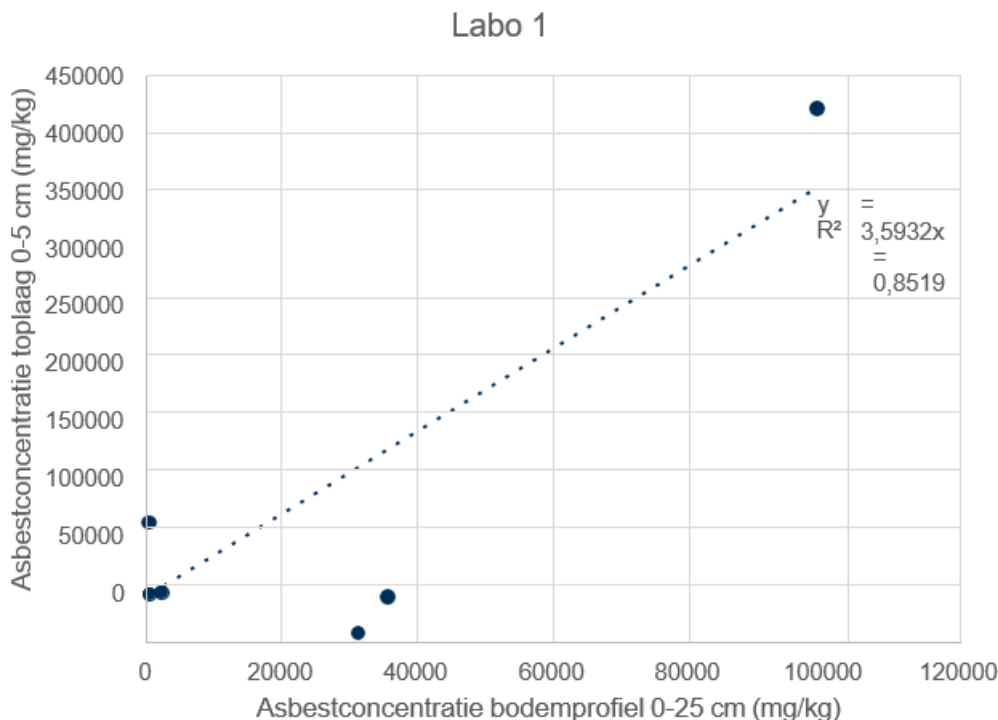
5.3 ASBESTCONCENTRATIE IN FUNCTIE VAN DE DIEPTE

Er werden bodemanalyses uitgevoerd van drie lagen: 0-5 cm-mv, 0-15 cm-mv, en 15-25 cm- mv. De bovenste 5 cm van de bodem (toplaag) werd zowel in 0-5 cm-mv als in 0-15 cm-mv bemonsterd. De analysecertificaten zijn opgenomen in Bijlage D Analysecertificaten asbestanalyse bodem. De resultaten van de asbestanalyses, uitgevoerd door drie labo's, zijn weergegeven in Tabel 12.

Op een aantal locaties werd een duidelijke gradiënt van afnemende asbestconcentratie met diepte gemeten (Westlangeweg, Geelsebaan, Mulgrachtstraat en Hessie). Op andere locaties is de concentratie redelijk gelijkaardig over het bodemprofiel (Kolonie, Oud Arenberg).

De asbestconcentraties in de toplaag (0-5 cm) van de afdruiptzone en de gemiddelde asbestconcentratie van de bovenste 25 cm van de bodem zijn positief gecorreleerd (met ook wel een aantal afwijkende data) (Figuur 14). De positieve correlatie is grotendeels toe te schrijven aan Westlangeweg waar de concentraties afgetekend hoger liggen in de toplaag en het bodemprofiel tot 25 cm-mv in vergelijking met de andere meetlocaties. Vanwege de beperkte dataset (3 punten) is er van de OMEGAM data geen gelijkaardige grafiek samengesteld.





Figuur 14: Asbestconcentratie in de toplaag (0-5 cm-mv) van de afdruiptzone afgezet tegen de asbestconcentratie over het bodemprofiel (0-25 cm-mv). Labo 1: Eurofins/ACMAA, Labo 2: ALWEST.

5.4 SELECTIE MEETLOCATIES LABO SIMULATIE

Er werden labo simulaties uitgevoerd met grond van de toplaag (0-5 cm-mv) van alle zes de locaties van de real-life simulaties.

5.5 SELECTIE MEETLOCATIES BUITEN SIMULATIE

De asbestconcentratie in de bodem van de afdruiptzones die bemonsterd werden voor de buitensimulaties bevatten allemaal aanzienlijke hoeveelheden asbest (Tabel 12). Niet- hechtgebonden asbest vertegenwoordigt het belangrijkste aandeel (meestal 100%, zie Tabel 15, asbest in de afdruiptzone is verweerd materiaal). Hechtgebonden asbest werd enkel op Oud Arenberg gemeten. Vrije asbestvezels werden gemeten in de bodemstalen (Eurofins/ACMAA) van twee van de vier locaties (Westlangeweg, Geelsebaan). De concentratie respirabele vezels is sterk variabel over de vier meetlocaties. Op Oud Arenberg werden geen vrije asbestvezels gemeten (er was wel asbest aanwezig in de fijnste zeeffractie <500 µm met optische microscopie bekeken).

De asbestconcentraties op de vier locaties die geselecteerd werden voor de buitensimulaties liggen aan de bovenkant van het bereik van asbestconcentraties die in het ABESIM onderzoek gemeten werden (Tabel 16). Er kan van uitgegaan worden dat de **bodem van de geselecteerde locaties zwaar verontreinigd zijn met asbest, en dat de simulatie voor wat betreft de asbestconcentratie in de bodem een worst-case simulatie is.**

Tabel 16: Overzicht asbestconcentraties uit studie van ABESIM (2019). Diepteprofielen zijn beschikbaar in betreffende rapportage

Locatie	# B > 100	C (max.)	Cnh (max.)*
2	0/2	<2	<2
16	0/3	<2	<2
17	0/3	<2	<2
18	0/1	59	4,9
31	0/3	21	2
32	0/3	62	<2
35	0/3	62	6
39	0/3	40	3,1
26	2/3	190	13
14	0/3	92	2,4
37	1/3	300	<2
1	2/2	850	70
3	2/2	280	28
7	2/2	890	64
13	3/3	680	68
15	2/3	300	24
23	3/3	290	29
30	2/3	610	61
36	1/3	270	23
4N	2/2	740	36
4Z	2/2	280	25
5	2/2	510	41
8	3/3	610	61
9	3/3	380	38
12	3/3	880	20
19	1/3	450	45
20	3/3	210	20
22	3/3	240	22
24	1/3	180	18
25	3/3	510	41
28	3/3	760	76
29	2/3	210	21
38	2/3	160	10
6	2/2	1400	120
10	3/3	1400	140
11	3/3	4100	410
21	3/3	64000	6400
27	3/3	1700	170
33	3/3	1300	130
34	1/1	2500	250
40	1/3	6400	640

*:Concentraties asbest in vet: 80% van het asbestgehalte kan toegeschreven worden aan de fractie niet-hechtgebonden asbest. Kleurencode is gerelateerd aan DAEB-interpretatie : Groen: CA < 100 mg/kg ds; Donkergroen: DAEB-score < 100 ; Oranje: DAEB-score = 125 ; Rood: DAEB-score > 150 (zie rapport VITO/HEALTH/R/2372).

6 MEETRESULTATEN LUCHT

6.1 REAL-LIFE SIMULATIE

Er werden real-life simulaties uitgevoerd ter hoogte van de afdruiptzone op verschillende locaties in Vlaanderen (zie Hfdst 4). De concentraties die gemeten werden in de omgevingslucht tijdens de real-life simulaties worden hier besproken.

6.1.1 Resultaten TEM

De bemonsterde filters werden voorbehandeld en vervolgens geanalyseerd met transmissie electronenmicroscopie (TEM). Een uitgebreide beschrijving van de voorbehandelings- en analysemethode is opgenomen in Bijlage A. Tabel 17 geeft een samenvatting van de TEM-analyseresultaten weer van de bemonsteringen die uitgevoerd zijn in november/december 2022 en april/mei 2023.

Er werd **geen asbest aangetoond in de omgevingslucht ter hoogte van de afdruiptzone**. De asbestconcentraties zijn lager dan de detectielimiet. Tijdens de luchtbemonstering werd de bodem van de afdruiptzone beroerd. De simulaties werden uitgevoerd bij veldvochtige tot natte bodem.

De asbestanalyses werden uitgevoerd voor de worst-case simulaties van bodemberoering, waarvan verondersteld wordt dat de kans op vezelemisaties uit de afdruiptzone het grootst is (i.e. bij maaien en graven/spitten/harken). Er werden geen asbestvezels aangetroffen in de lucht boven de afdruiptzone onder real-life condities en simulaties. Er werd ook een luchtbemonstering uitgevoerd onder passieve toestand (geen beroering) en het licht betreden (bewandelen) van de afdruiptzone, maar deze monsters werden niet verder geanalyseerd aangezien er geen asbest werd aangetroffen bij de worst-case simulaties en ervan uitgegaan kan worden dat de passieve toestand of minder invasieve simulaties zeker geen hogere asbestemisaties zullen hebben naar de lucht ten opzichte van de worst-case simulaties.

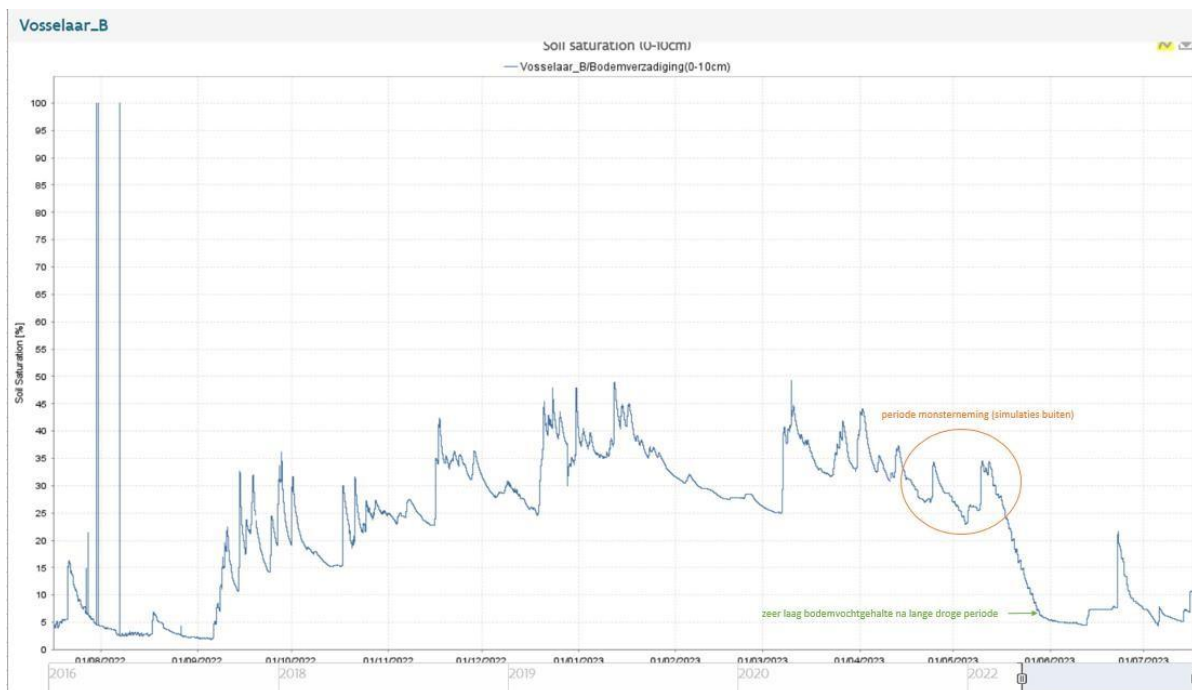
De real-life simulaties werden uitgevoerd onder veldvochtige (metingen 2023) tot zeer natte omstandigheden (metingen 2022). De metingen in 2023 werden uitgevoerd op 2 tot 6 dagen na regenval (bodemvochtgehalte waarschijnlijk rond veldcapaciteit). De lange droge periode van half mei tot half juni 2023 viel na de metingen. Onder die (uitzonderlijk) droge omstandigheden ligt het bodemvochtgehalte ver onder het vochtgehalte waaronder de metingen uitgevoerd werden. In Vlaanderen kunnen (zeer) droge bodemomstandigheden gedurende enkele weken tot maanden voorkomen op jaarbasis (zie bv. droge periode van 2- 3 maanden in bodemverzaadigingsmeetreeks van Vosselaar, Figuur 15).

Tabel 17: Asbestconcentraties in de lucht tijdens real-life simulaties (analyse met TEM).

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Respirabel (SEM) mg/kg	Type grond	Vocht- conditie grond	Meethoogte (m+mv)	Lucht- conditie	Staalnr	Beroering	Asbestconcentratie (v/m³)	
Westlangeweg	ACMAA	420.000	180* ¹	klei	Zeer nat	1,5	Buiten- lucht	W3	Graven	<499*	
	ALWEST	18.000	<1,1						W7	Maaïen	<499
									W11	Graven/harken	<500
									W13	Maaïen	<499
					Veldcapaciteit						
Oud Arenberg	ACMAA	790	<1,1	Leem	Zeer nat	1,5	Buiten- lucht	O3	Harken	<499	
	ALWEST	1.400	<1,1						O7	Maaïen	<499
Kolonie	ACMAA	110	<1,1	Zand	Zeer nat	1,5	Buiten- lucht	K3	Graven	<499	
	ALWEST	92	<1,1								
Mulgrachtstraat	ACMAA	7.200	<1,1	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	M3	Graven/harken	<498	
	ALWEST	1.300	1,1						M5	Maaïen	<500
	OMEGAM	8,5	<1,1								
Hessie	ACMAA	62.000	0,2	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	H3	Graven/harken	<497	
	ALWEST	1900	10								
	OMEGAM	1100	18								
Geelsebaan	ACMAA	39.000	30	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buitenl- ucht	G3	Graven/harken	<495	
	ALWEST	3.660	16						G5	Maaïen	<499
	OMEGAM	170	0,1								

*¹ concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

*² detectielimiet max. <500 v/m³ (compromis tussen praktisch haalbaar en onder richtwaarde Vlare II van 500 v/m³).



Figuur 15: Bodemverzadiging van bodem in Vosselaar voor de periode juli 2022 tot juli 2023.

De asbestconcentratie in de lucht ter hoogte van de afdruiptzone ligt onder 500 v/m^3 (richtwaarde VLAREM II) bij beroering van de afdruiptzone, waarbij de bodem veldvochtig tot nat is. Deze conclusie kan doorgetrokken worden naar de lucht op grotere afstand van de afdruiptzone, omdat er dan bijkomende verdunningsprocessen spelen (concentraties van luchtverontreiniging neemt typisch exponentieel af met toenemende afstand tot de bron).

Er kan verondersteld worden dat er zich -onder vergelijkbare bodemvochtgehaltes- bij lichtere beroering (bewandelen) of onder passieve omstandigheden (geen beroering) geen hogere asbestconcentraties zullen voordoen als bij de worst-case simulaties (dus concentratie $< 500 \text{ v/m}^3$). Dat wordt ook bevestigd met de resultaten van een vorige campagne (Vito rapport 2020/HEALTH/R/2372) waarin over een langere periode luchtmetingen werden uitgevoerd waarin geen asbest werd aangetroffen. In Vito rapport 2020/HEALTH/R/2372 werd wel een lage asbestconcentratie gemeten bij beroering van de bodem in twee van elf simulaties (belopen en maaien). De concentratie van beide metingen was $< 500 \text{ v/m}^3$ met als bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van ca. 785 v/m^3 . De bodem was droger in die studie (metingen uitgevoerd na 10 dagen zonder neerslag, in september wanneer de bodemvochtsaturatie typisch lager is). De asbestconcentratie in de lucht tijdens beroering van de bodem van de afdruiptzone was wel steeds lager dan de grenswaarden van Vlare II (1000 v/m^3 , jaargemiddeld; 5000 v/m^3 max over 24 of 48u), de richtwaarde van Vlare II van 500 v/m^3 werd als bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval van twee metingen wel overschreden.

Conclusie

Er zijn twee factoren die sturend blijken te zijn voor emissies van asbestvezels uit de afdruiptzone (zie 3.1¹): **beroering** en **vochtgehalte** van de grond.

¹ Hechtgebondenheid is ook bepalend, maar in de bodem van de afdruiptzone voornamelijk niet-hechtgebonden asbest.

In deze studie werd tijdens de real-life-simulaties niet onder alle combinaties van deze factoren gemeten; De (zeer) droge omstandigheden zijn gecapteerd via de labo- en buitensimulaties met

gedroogde grond. In voorgaand onderzoek (Peters et al., 2021) werd vastgesteld dat onder droge bodemomstandigheden asbestemissies uit de afdruiptzone niet uitgesloten zijn; in een beperkt aantal bemonsteringen werd asbest in de lucht gemeten (ca. 785 v/m³, bovengrens betrouwbaarheidsinterval) in concentraties die wel ruim onder maximale dagwaarde van Vlarem II van 5000 v/m³ liggen, en zich situeren tussen de richtwaarde (500 v/m³) en jaargemiddelde grenswaarde (1000 v/m³) van Vlarem II. Er werd een labo-onderzoek opgezet om meer inzicht te krijgen in de droge situatie zonder en met beroering (zie 6.2).

Onder natte of vochtige bodemomstandigheden ligt de asbestconcentratie in de lucht onder de 500 v/m³ (dus onder de richtwaarde van Vlarem II, en minstens 10x lager dan de maximale dagwaarde van Vlarem II). De simulaties onder natte en veldvochtige omstandigheden werden uitgevoerd op bodem met asbestconcentratie tot 420 000 mg/kg ds (gewogen; dit is 42 g NH asbest per kg ds) en tot 180 mg/kg respirabele vezels; bij veldcapaciteit tot 39000 mg/kg ds (gewogen, 3,9 g/kg NH asbest, ongewogen) en 30 mg/kg ds respirabele vezels. De bodemconcentratie ligt ruim boven de 1000 en 100 mg/kg ds die in de beslissingsboom CMA zijn opgenomen. **Er wordt vastgesteld dat er vanuit de bodem met zeer hoge asbestconcentraties onder natte of vochtige omstandigheden geen of hoogstens zeer beperkte asbestemissies naar de lucht zijn (asbestconcentratie < 500 v/m³, richtwaarde VLAREM II 500 v/m³). Er kan verondersteld worden dat dit ook opgaat voor bodems met een (veel) lagere asbestconcentratie.**

De gemeten asbestconcentraties in de lucht ter hoogte van de afdruiptzone onder verschillend bodemvochtgehalte en mate van beroering is samengevat in Tabel 18. De droge situatie blijkt de enige situatie die eventueel wel aanleiding kan geven tot asbestemissies wanneer de bodem van de afdruiptzone beroerd wordt (op basis van real-life metingen in studie 2020/HEALTH/R/2372, labo simulaties uitgevoerd om dit verder te onderzoeken in deze studie, zie 6.2). De real-life gemeten concentraties onder droge omstandigheden liggen boven richtwaarde van Vlarem II, maar onder jaargemiddelde en daggemiddelde grenswaarde Vlarem II (resp. 1000 en 5000 v/m³). In passieve toestand (geen betreding of beroering van de afdruiptzone) ligt de asbestconcentratie in de lucht < 500 v/m³.

Tabel 18: Samenvattende resultatentabel van de gemeten asbestconcentratie in de lucht in functie van beroering van de afdruiptzone en het bodemvochtgehalte op basis van real-life simulaties.

		Beroering van de afdrui- zone	Beroering van de afdrui- zone	Beroering van de afdrui- zone
Beroering van de afdrui- zone	<i>Geen</i>	< 500 v/m ³ (**)	< 500 v/m ³	< 500 v/m ³
	<i>Beperkt</i>	< 500 v/m ³	< 500 v/m ³	Geen meting uitgevoerd onder deze omstandigheden in deze studie, in studie 2020* wel (<500 v/m ³ , uitz 1 meting waar asbest werd gemeten <u>bovengrens BI 785 v/m³</u>)
	<i>Sterk</i>	< 500 v/m ³	< 500 v/m ³	Geen meting uitgevoerd onder deze omstandigheden in deze studie, in studie 2020* wel (<500 v/m ³ , uitz 1 meting waar asbest werd gemeten <u>bovengrens BI 785 v/m³</u>)

* 2020/HEALTH/R/2372

** richtwaarde asbestconcentratie in de lucht van Vlarem II ligt op 500 v/m³.

6.1.2 Resultaten SEM

Ter bevestiging van de TEM analyseresultaten zijn ook enkele goudfilters van de real -life simulatie opgestuurd voor SEM analyse. Hierbij is een selectie gemaakt van die stalen ten tijde van de activiteit met de sterkste beroering (graven/harken/maaïen) op het moment dat de bodem op veldcapaciteit was. Tabel 19 geeft een samenvatting van de SEM- analyseresultaten weer van deze stalen en waarvan de bemonsteringen uitgevoerd waren in november/december 2022 en april/mei 2023. Een uitgebreide beschrijving van de voorbehandelings- en analysemethode is opgenomen in Bijlage F Rapport concentratie asbest-lucht SEM TNO.

De SEM resultaten bevestigen de hierboven gevonden TEM analyseresultaten. De vezelconcentraties bevinden zich onder de bepalingsondergrens in alle onderzocht stalen. De detectielimieten voor de SEM analyse zijn lager dan de detectielimieten van de TEM (hangt o.a. af van vergroting en aantal beeldvelden geteld).

Er werd **geen asbest gemeten met SEM in de omgevingslucht ter hoogte van de afdruiptone bij beroering en onder natte omstandigheden**. De asbestconcentraties zijn lager dan de detectielimiet (<180 v/m³).

Tabel 19 Asbestconcentraties in de lucht tijdens real-life simulaties (analyse met SEM).

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyzelaboratorium		Type grond	Vocht- conditie grond	Meet- hoogte (m+mv)	Lucht- conditie	Staal nr	Beroering	Vezel- concentratie > 5µm (v/m3)	Vezel- concentratie < 5µm (v/m3)
Westlangeweg	ACMAA	420.000	klei	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	W12 W14	Graven/harken Maaien	<170	<170
	ALWEST	18.000							<180	<180
Mulgrachtstraat	ACMAA	7.200	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	M4 M6	Graven/harken Maaien	<140	<140
	ALWEST	1.300							<150	<150
	OMEGAM	8,5							<150	<150
Hessie	ACMAA	62.000	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	H4	Graven/harken	<170	<170
	ALWEST	1900							<170	<170
	OMEGAM	1100							<170	<170
Geelsebaan	ACMAA	39.000	Lemig zand	Veld- capaciteit	1,5	Buiten- lucht	G4 G6	Graven/harken Maaien	<180	<180
	ALWEST	3.660							<170	<170
	OMEGAM	170							<170	<170

Tabel 20: Asbestconcentraties in de lucht tijdens labo simulaties (analyse met TEM)

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Respirabel (SEM) mg/kg	Type grond	Vocht-conditie	Meet-hoogte (m+mv)	Lucht-conditie	Staalnr	Beroering	Asbest-concentratie (v/m³)
Westlange-weg	ACMAA ALWEST	420.000 18.000	180* <1,1	klei	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	W8SI2 W8SI5	1 x Geen, 1 x Manueel harken	<497 2829 (chrysotiel & anthofylliet)
Oud Arenberg	ACMAA ALWEST	790 1.400	<1,1 <1,1	Leem	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	O8SI2	Geen	<499
Kolonie	ACMAA ALWEST	110 92	<1,1 <1,1	Zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	K6SI2	Geen	<498
Mulgracht-straat	ACMAA ALWEST OMEGAM	7.200 1.300 8,5	<1,1 1,1 <1,1	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	M8SI2	Geen	941 (chrysotiel)
Hessie	ACMAA ALWEST OMEGAM	62.000 1900 1100	0,2 10 18	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	H8SI2	Geen	<497
Geelse-baan	ACMAA ALWEST OMEGAM	39.000 3.660 170	30 16 0,1	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	G8SI2	Geen	<500

* concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd

6.2 LABOSIMULATIE

Er werden labo simulaties uitgevoerd met grond van de toplaag van alle zes de locaties van de real-life simulaties. De concentraties die gemeten werden in de omgevingslucht tijdens de labo simulaties worden hier besproken.

6.2.1 Resultaten TEM

In vijf van de zeven simulaties werd geen asbest aangetoond met TEM in concentraties hoger dan de detectielimiet (die rond 500 v/m^3 lag). In twee van de zeven simulaties werd wel asbest gemeten: tijdens een labo-simulaties zonder beroering werd een asbestconcentratie in de lucht van 914 v/m^3 gemeten, en tijdens een simulatie gecombineerd met manueel harken was de concentratie in de lucht 2829 v/m^3 (hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat het om een zeer sterk belanden monster gaat dat tijdens preparatie een extra maal verdund werd bij filtratie, omwille van de aanzienlijke stofbelading op de filter. Bij heranalyse naar aanleiding van de bepaling van de aanwezige asbestsoort, werd een concentratie van $22\,000 \text{ v/m}^3$ gemeten).

Er werden zes simulaties uitgevoerd waarbij lucht aan 3 m/s over bodem gestuurd werd, zonder beroering van de bodem (passieve toestand). Eén op zes analyses (Mulgrachtstraat) is positief (941 v/m^3). De bodemconcentratie van het positief staal (7200 mg/kg gewogen, $<1,1 \text{ mg/kg}$ respirabele vezel (Eurofins/ACMAA analyse)) is hoog, maar binnen de steekproef van bodems voor simulaties eerder gemiddeld. Er waren drie bodems met (veel) hogere asbestconcentraties waarvoor tijdens de simulaties geen asbest in de lucht gemeten werd (asbestconcentratie beneden detectielimiet van 500 v/m^3).

Omdat er grote verschillen in gemeten asbestconcentraties in de bodem tussen de laboratoria is aangetoond, is er geen uitspraak te doen over een mogelijk verband tussen de asbestconcentratie in de bodem en de asbestconcentratie in de lucht.

De concentratie vrije asbestvezel in bodem waarvoor asbest in de lucht gemeten werd is lager dan de detectielimiet ($<1,1 \text{ mg/kg}$) t.o.v. een aantal andere stalen. Deze steekproef geeft geen verband aan tussen respirabele vezelconcentratie en asbestconcentratie in de lucht. Maar ook hier geldt dat er voorzichtigheid geboden is, vanwege de verschillen in gemeten asbestconcentraties in de bodem tussen de laboratoria.

Manipulatie van de bodem (1 analyse, Westlangeweg) resulteerde in asbestemissies. De simulatie werd uitgevoerd op droge bodem met een zeer hoog asbestgehalte. In hoeverre dit resultaat extrapoleerbaar is naar lagere asbestgehalten van de bodem kan niet ingeschat worden op basis van de labotesten. Dit resultaat geeft wel aan dat er effectief asbestemissies uit de bodem kunnen zijn bij beroering van droge, sterk gecontamineerde bodem. De asbestconcentratie in de lucht tijdens de simulatie was ongeveer 3000 v/m^3 . Gegeven de proefopzet waarbij kort boven het bodemoppervlak bemonsterd wordt, en de lucht recirculeert waardoor er geen luchtverversing is maar mogelijks wel een aanrijking van asbest in de lucht, is de concentratie die gemeten werd in de labo simulatie een worst-case inschatting van de real-life situatie. Natuurlijk kunnen de windsnelheden in real-life hoger zijn dan 3 m/s , waardoor potentieel meer asbestvezels kunnen opwaaien (verhogend effect op de asbestconcentratie in lucht) maar waardoor er ook meer verversing is van de buitenlucht en meer verdunning (verlagend effect op de asbestconcentratie). Waarschijnlijk ligt de concentratie onder real-life omstandigheden (veel?) lager door verdunning en verspreiding (transport van gesuspendeerde vezels) via de lucht.

De labo simulaties tonen aan dat er uit droge bodem asbestvezels kunnen opwaaien, en kan de asbestconcentratie in de lucht verhoogd zijn. In het labo werd een concentratie van ca. 1000 v/m^3 gemeten in passieve toestand en van ca. 3000 v/m^3 bij beroering van droge bodem. Zoals aangegeven is de labo-simulatie geen realistische weergave van de werkelijkheid, en is een aftoetsing met Vlarem II waarden voor omgevingslucht niet correct -zeker niet ten opzichte van de jaargemiddelden. Indicatief kan er wel een vergelijking gemaakt worden met de maximale dagwaarde van Vlarem II van 5000 v/m^3 . Deze laatste waarde is de meest relevante toetsingswaarde aangezien

het gaat over emissies die zich kunnen voordoen onder (zeer) droge omstandigheden die zich hoogstens periodiek voordoen (zie Figuur 15) en dus niet representatief zijn op jaarbasis. De meetwaarden liggen onder de maximale grenswaarde van Vlare II.

Op basis van de labo resultaten kan een worst-case inschatting gemaakt worden van te verwachte asbestconcentratie in de omgevingslucht ter hoogte van de afdruiptzone en kan de matrix (Tabel 18) verder aangevuld worden voor de situatie met droge bodem (Tabel 21). Dit kon niet verder geverifieerd worden met real-life metingen, maar er werden wel buitensimulaties uitgevoerd met droge bodem om dit verder te onderzoeken (zie §6.3).

Tabel 21: Inschatting van de asbestconcentratie in de lucht van de afdruiptzone (buitensituatie) op basis van de labo simulaties en ten opzichte van Vlare II waarden.

Beroering van de afdruiptzone	Windsnelheid	Bodemvocht	Asbestconcentratie
Nee	laag	droog	< 500 v/m ³
Nee	hoog	droog	< 1000 v/m ³
Ja	laag	droog	< 5000 v/m ³
Ja	hoog	droog	< 5000 v/m ³

6.2.2 Resultaten SEM

Ter bevestiging van de TEM analyseresultaten zijn ook enkele goudfilters van de labo simulatie opgestuurd voor SEM analyse (Tabel 22). Hierbij zijn die SEM-stalen geselecteerd waarbij op de simultaan bemonsterde TEM stalen asbestvezels werden aangetoond (Mulgrachtstraat 3 m/s M8SI1 en Westlangeweg 3m/s+harken W8SI6) en drie locaties met verschillende concentraties asbest in de bodem maar waarbij geen asbestvezels bij TEM analyse werden aangetoond (Westlangeweg 3m/s W8SI1, Kolonie 3 m/s K6SI1, Geelsebaan 3 m/s G8SI1).

Alleen in monster W8_SI6 (Westlangeweg 3m/s+harken) werden asbestvezels aangetroffen (wel zeer hoge concentratie: 18.000 v/m³). Het filter W8_SI6 was te vol beladen, wat volgens de regels van ISO 14966 afgekeurd zou moeten worden. Het filter is wel geanalyseerd, maar met de kanttekening dat de resultaten schattingen zijn (zie ook opmerking bij TEM analyse).

Wat verder opvalt is dat er, naast chrysotiel, ook zeer dunne crocidolietvezels zijn aangetroffen met een diameter tussen de 50-100nm, deze zijn bij de normale beeldvergroting nauwelijks zichtbaar (en mogen conform de regels van ISO 14966 niet worden meegeteld). Met TEM werden chrysotiel, crocidoliet en anthofylliet (aanwezig als natuurlijke vervuiling van crocidoliet) waargenomen.

Er zijn bij een hogere vergroting extra beeldvelden geanalyseerd waardoor ingeschat kan worden dat het aandeel aan dunne vezels ten opzichte van de vezels met een diameter>0.2µm ca. 50% is. Dat wil zeggen dat de totale vezelconcentratie 50% hoger ligt dan de in de tabel weergegeven waarden.

Verder is er gekeken naar binding van de vezels aan bodemdeeltjes in luchtstalen. Beelden zijn opgenomen in Bijlage F Rapport concentratie asbest-lucht SEM TNO. Hierbij is bewust gekozen voor de analyse van luchtstalen en niet van bodemstalen, omdat een luchtstaal een representatief monster is van mogelijk in te ademen vezels. **De meeste vezels zijn losse vezels welke dus niet gebonden zijn aan bodemdeeltjes.** Een ruwe schatting is dat ca. 75% losse vezels zijn. Wat ook opgevallen is, is dat het hele filter vol ligt met schimmel sporen (ovale deeltjes rond de 1µm). De beelden laten zien dat er geen sprake is van binding tussen schimmels en vezels.

Uit de TEM en SEM analyseresultaten van de labo simulaties is gebleken dat er uit droge bodem vezels kunnen opwaaien naar de lucht. Bij een windsnelheid van 3 m/s over het grondoppervlak werd aangetoond dat asbestvezels in de lucht kunnen vrijkomen (TEM M8SI2 941 v/m³) en dat er bij een windsnelheid van 3 m/s en beroering eveneens vezels in de lucht kunnen vrijkomen (TEM W8SI5 2829 v/m³ en SEM W8SI6 ~18000 v/m³).

De labo-simulatie in de handschoenkast was een worst case benadering, omdat er met ovedroge bodem gewerkt werd, en omdat de bemonstering kort boven het grondoppervlak plaats vond (dicht bij bodemoppervlak). De test werd uitgevoerd in een handschoenkast zonder luchtverversing maar met recirculatie van de lucht waardoor er een aanrijking van asbestvezels in de bemonsterde lucht kon plaatsvinden. Om een meer realistische simulatie na te bootsen werd besloten om in de buitenlucht een grotere bak grond met een gekende hoeveelheid vocht uit te spreiden en deze te beroeren door middel van harken en op verschillende hoogtes luchtstalen te verzamelen (§6.3).

Tabel 22 Asbestconcentraties in de lucht tijdens labo simulaties (analyse met SEM).

Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Respirabel (SEM) mg/kg	Type grond	Vocht-conditie	Meet-hoogte (m+mv)	Lucht-conditie	Staalnr	Beroering	Vezel-concentratie > 5µm (v/m3)	Vezel-concentratie < 5µm (v/m3)
Westlange-weg	ACMAA ALWEST	420.000 18.000	180* <1,1	klei	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	W8SI1 W8SI6	1 x Geen, 1 x Manueel harken	<190 18000 ^{1A}	<190 10000 ^{1B}
Kolonie	ACMAA ALWEST	110 92	<1,1 <1,1	Zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	K6SI1	Geen	<180	<180
Mulgracht-straat	ACMAA ALWEST OMEGAM	7.200 1.300 8,5	<1,1 1,1 <1,1	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	M8SI1	Geen	<180	<180
Geelse-baan	ACMAA ALWEST OMEGAM	39.000 3.660 170	30 16 0,1	Lemig zand	0 %	0,025	Binnenlucht, luchtverplaatsing 3 m/s, geen luchtverversing	G8SI1	Geen	<190	<190

* concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

¹ Filter te vol beladen conform ISO14966. Analyseresultaten dienen als schattingen geïnterpreteerd te worden

^A chrysotiel 4800 v/m³, crocidoliet 13000 v/m³

^B chrysotiel 0 v/m³, crocidoliet 10000 v/m³

6.3 BUITENSIMULATIE

6.3.1 Resultaten TEM

Tabel 23 geeft een samenvatting van de TEM-analyseresultaten. Hieruit blijkt dat er tijdens de buitensimulaties asbestvezelvrijstelling in de lucht plaats vond op drie van de vier locaties met droge grond (0% vochtgehalte, gravimetrische bepaling, geen verdere gewichtsafname) (Westlangeweg 251 v/m³, Oud Arenberg 667 (zie foto in Figuur 16) en 376 v/m³, en Mulgrachtstraat 334 v/m³). Voor twee van deze vier locaties werden er op zowel 0,6 als 1,5 m+mv asbestvezels in de lucht aangetoond (Oud Arenberg, Mulgrachtstraat). Een verklaring dat er soms een hogere concentratie op 1,5 m+mv dan op 0,6 m+mv gemeten werd is dat het lokale windprofiel de bemonstering mogelijk beïnvloed heeft. Bij beroering van de bodem van locatie Geelsebaan werd geen asbest in de lucht gemeten. Op basis van de TEM analyses van de vier simulaties met droge grond kan ogenschijnlijk **geen verband vastgesteld worden tussen de gemeten respirabele vezelconcentratie in de bodem en de asbestconcentratie in de lucht**. Hierbij dient opgemerkt te worden de onwetendheid over de juistheid van de bodemconcentraties hieraan ten grondslag ligt. Gelet op de onzekerheid van alle bodemstalen werd wel aangetoond dat ze zwaar beladen zijn met asbest.

Foto 1: filter SIM-O-1, bundel chrysotiel (10000x)



Figuur 16: TEM beeld van een chrysotiel bundel op een luchtmonster van de buitensimulatie.

Bij herhaling van het experiment met een hoger vochtgehalte van de grond van 10% werden er enkel nog op de locatie Mulgrachtstraat op 0,6 m+mv asbestvezels (501 v/m³) in de lucht aangetoond. Wanneer de grond afkomstig uit de Mulgrachtstraat bevochtigd werd tot 25% werden ook hier geen asbestvezels in de lucht meer aangetoond op 0,6 en 1,5 m+mv. Over alle simulaties werd bij 25% vocht geen asbestvezels in de lucht gemeten.

Het bodemtype lijkt niet direct gerelateerd te zijn aan de mate van asbestvezel vrijstelling in de lucht. Het **vochtgehalte blijkt wel een invloed te hebben op de asbestvezelvrijstelling**. Op basis van de buitensimulaties kan besloten worden dat bij vochtpercentages tot 10% asbest in de lucht gemeten kunnen worden, bij 25% vochtgehalte is dat niet langer het geval.

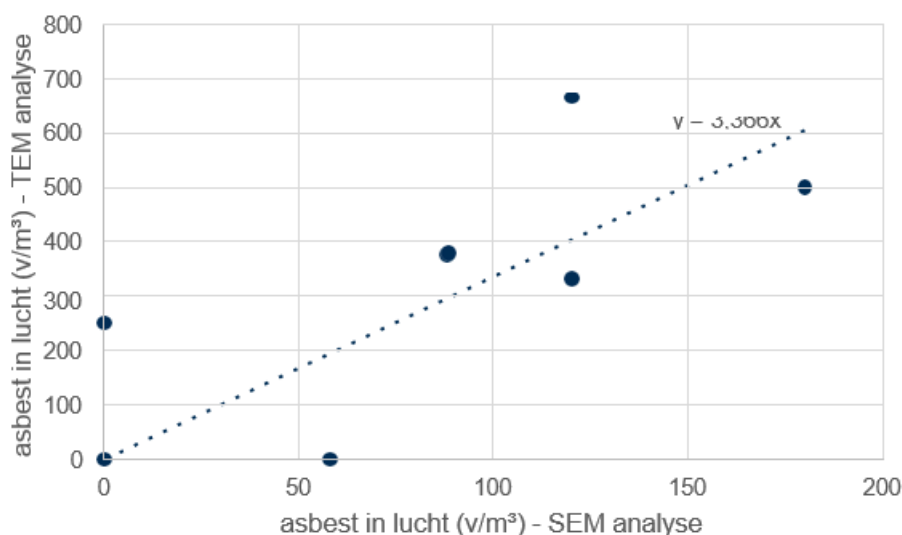
Tabel 23; Asbestconcentraties in de lucht tijdens buiten simulaties (analyse met TEM)

Bodem van meetlocatie... (staalnr)	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Bodem concentratie Resp. vezel (mg/kg) (in-situ meting)	Type grond	Vocht- conditie	Bemonsterings- hoogte (m+mv)	Lucht conditie	Staalnr	Beroering	Asbest Type	Vezel- concentratie (v/m3)
Westlangeweg	ACMAA ALWEST	420 000 18 000	180* ¹ <1,1	Klei	0%	1,5	Buitenlucht	SIM-W1	Harken	Chrysotiel Crocidoliet	251 * ²
					0%	0,6		SIM-W3		Geen	<250
					10%	1,5		SIM-W5		Geen	<250
					10%	0,6		SIM-W7		Geen	<250
Oud Arenberg	ACMAA ALWEST	790 1 400	< 1.1 <1,1	Leem	0%	1,5	Buitenlucht	SIM-O1	Harken	Chrysotiel	667
					0%	0,6		SIM-O3		Chrysotiel Crocidoliet	376
					10%	1,5		SIM-O5		Geen	<250
					10%	0,6		SIM-O7		Geen	<250
Mulgrachtstraat	ACMAA ALWEST OMEGAM	7 200 1 300 8,5	<1,1 1 <1,1	Lemig zand	0%	1,5	Buitenlucht	SIM-M1	Harken	Chrysotiel	<250 * ²
					0%	0,6		SIM-M3		Chrysotiel Amosiet	334
					10%	1,5		SIM-M5		Geen	<250
					10%	0,6		SIM-M7		Chrysotiel Amosiet	501
					25%	1,5		SIM-M9		Geen	<250
					25%	0,6		SIM-M11		Geen	<250
Geelsebaan	ACMAA ALWEST OMEGAM	39 000 3 660 170	30 16 0,1	Lemig zand	0%	1,5	Buitenlucht	SIM-G1	Harken	Geen	<250
					0%	0,6		SIM-G3		Geen	<250

*¹ concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

*² de luchtconcentratie is lager dan detectielimiet, ondanks het feit dat één of enkele vezels geteld werden (cfr. rapporteringsregels)

Wanneer deze tabel vergeleken wordt met de TEM resultaten in Tabel 23 wordt duidelijk dat ook hier asbestvezels in de lucht gemeten zijn in die stalen die tijdens dezelfde simulatie bemonsterd zijn, met uitzondering van de SEM analyse van Westlangeweg (SIM-W2). Er is een positief verband tussen de TEM en SEM concentraties (Figuur 17), maar TEM resultaten zijn gemiddeld een factor 3 hoger dan de SEM resultaten.



Figuur 17: Scatterplot van de asbestconcentraties in lucht gemeten met SEM (x-as) en TEM (y-as).

6.3.1.1 Conclusies

Per locatie werd de hoogst gemeten asbestconcentratie met TEM weerhouden om af te toetsen aan de Vlarem II richt- en toetsingswaarden (Tabel 25). Vlarem II refereert naar TEM als referentiemethode. De gemeten concentraties liggen (ver) onder de jaargemiddelde grenswaarde van 1000 v/m³ en de maximale 24/48u gemiddelde grenswaarde van 5000 v/m³. De asbestconcentratie in de lucht bij beroering van twee van de vier bodems ligt onder de richtwaarde van Vlarem II (500 v/m³, als jaargemiddelde). Op twee locaties is de asbestconcentratie (beperkt) hoger dan de richtwaarde (501 en 667 v/m³ t.o.v. de richtwaarde van 500 v/m³).

Tabel 25: Maximale asbestconcentraties tijdens de buitensimulaties met bodem van de afdruiptzone van vier verschillende locaties (gemeten met TEM).

Bodem van meetlocatie... (staalnr)	Asbestconcentratie lucht (v/m3) TEM (max)
Westlangeweg	251
Oud Arenberg	667
Mulgrachtstraat	501
Geelsebaan	<250

7 CONCLUSIE & AANBEVELINGEN

7.1 EMISSIE VAN ASBEST UIT DE AFDRUIPZONE

Een overzicht van de belangrijkste bevindingen van het real-life simulatie onderzoek zijn weergegeven in Tabel 26.

De belangrijkste conclusies van de **real-life simulaties** zijn:

- Tijdens de real life simulaties (graven, maaien, harken) werd onder vochtige omstandigheden (visuele inschatting bodem op veldcapaciteit of vochtiger, geen bodemvocht metingen beschikbaar) geen asbest gemeten in de omgevingslucht ter hoogte van de afdruipline in zowel de TEM als de SEM stalen. In de studie 2020/HEALTH/R/2372 werd onder droge omstandigheden en bij beroering van de bodem wel asbest gemeten in enkele luchtmonsters (boven grens van BI van de metingen lag boven de richtwaarde van Vlare II, maar onder de grenswaarden van Vlare II).
 - Onder veldvochtige of nattere omstandigheden zijn er hoogstwaarschijnlijk geen emissies van asbestvezels naar de lucht.
 - Onder droge omstandigheden zijn asbestemissies niet uitgesloten bij beroering.
 - In passieve toestand zonder beroering is de dataset beperkt, maar werden er geen asbestconcentraties in de lucht gemeten.
- bij vochtige bodem, zowel met als zonder beroering, alsook bij droge bodem zonder beroering, de **concentratie lager is dan grens- en richtwaarden (VLARE II)**; (Jaargemiddelde richtwaarde (500 v/m^3) / Jaargemiddelde grenswaarde (1000 v/m^3) / Daggemiddelde grenswaarde (5000 v/m^3)). Het betreft een indicatieve aftoetsing, omdat de metingen geen dag of jaargemiddelde betreft.

Een overzicht van de belangrijkste bevindingen van het **labo simulatie** onderzoek zijn weergegeven in Tabel 27. De belangrijkste conclusies zijn:

- Aan de hand van labo simulaties in een handschoenkast werd droge bodem met hoge asbestconcentratie onderworpen aan een aantal opwaai experimenten, zonder en met manuele beroering van de bodem, waarbij de lucht gerecirculeerd werd en de asbestconcentratie in de lucht aangerijkt kan worden. De metingen tonen aan dat er asbestemissies kunnen zijn uit asbesthoudende droge bodem (tot ca. 1000 v/m^3 zonder beroering, en tot 3000 v/m^3 met beroering, bepaald met TEM, ca. 18000 v/m^3 met SEM). Bij vijf van de zeven simulatie experimenten werd geen asbest in de lucht gemeten ($<500 \text{ v/m}^3$).
- De SEM resultaten toonden aan dat de meeste vezels losse vezels zijn, welke dus niet gebonden zijn aan bodemdeeltjes. Obminski et al (2022) heeft ook aangetoond dat de vezel(bundels) die in de bodem worden gedetecteerd met

name proper en vrij van bindingsmateriaal (cement) zijn.

- Beroering van droge asbesthoudende bodem kan resulteren in verhoogde asbestconcentraties in de lucht. Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij de labo simulaties, geen luchtverversing kan plaatsvinden, wat geen realistisch scenario is in de buitenomgeving. Het experiment toont aan dat er significante asbestemissies kunnen zijn van de bodem naar de lucht. Echter de gemeten concentratieniveaus in.
De lucht bij labosimulaties zijn niet extrapoleerbaar naar real life situaties in de buitenomgeving. Aftoetsing met Vlarem niet van toepassing.

Tabel 26 Bodemcondities en asbestconcentraties in de buitenlucht (1,5 m+mv bemonsteringshoogte) tijdens real-life simulaties

	Bodem						TEM		SEM		
Locatie	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyse-laboratorium		Respirabel SEM (mg/kg)	Type grond	Vocht-conditie grond	Beroering	Staalnr	Asbest-concentratie (v/m³)	Staal nr	Vezel-conc-entratie > 5µm (v/m3)	Vezel-conc-entratie < 5µm (v/m3)
Westlangeweg	ACMAA	420.000	180*	klei	Zeer nat	Graven Maaien	W3	<499*	W12 W14	<170 <180	<170 <180
	ALWEST	18.000	<1,1			Graven/harken	W7	<499			
					Veld-capaciteit	Maaien	W11	<500			
							W13	<499			
Oud Arenberg	ACMAA	790	<1,1	Leem	Zeer nat	Harken	O3	<499			
	ALWEST	1.400	<1,1			Maaien	O7	<499			
Kolonie	ACMAA	110	<1,1	Zand	Zeer nat	Graven	K3	<499			
	ALWEST	92	<1,1								
Mulgrachtstraat	ACMAA	7.200	<1,1	Lemig zand	Veld-capaciteit	Graven/harken	M3	<498	M4	<140	<140
	ALWEST	1.300	1,1			Maaien	M5	<500	M6	<150	<150
	OMEGAM	8,5	<1,1								
Hessie	ACMAA	62.000	0,2	Lemig zand	Veld-capaciteit	Graven/harken	H3	<497	H4	<170	<170
	ALWEST	1900	10								
	OMEGAM	1100	18								
Geelsebaan	ACMAA	39.000	30	Lemig zand	Veld-capaciteit	Graven/harken	G3	<495	G4	<180	<180
	ALWEST	3.660	16			Maaien	G5	<499	G6	<170	<170
	OMEGAM	170	0,1								

* concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

Waarde Onder daggemiddelde grenswaarde 5000 v/m³, jaargemiddelde richtwaarde 500 v/m³ en grenswaarde 1000 v/m³ VLAREM II

Tabel 27: Bodemcondities en asbestconcentraties in de binnenlucht (0,025 m+mv bemonsteringshoogte) tijdens de labo simulaties met gedroogde grond (0% vocht) een luchtverplaatsing van 3 m/s en geen luchtverversing

Locatie	Bodem			Type grond	Beroering	TEM		SEM		
	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Respirabel (SEM) mg/kg			Staalnr	Asbest-concentratie (v/m ³)	Staalnr	Vezel-concentratie > 5µm (v/m ³)	Vezel-concentratie < 5µm (v/m ³)
Westlangeweg	ACMAA	420.000	180*	klei	1 x Geen, 1 x Manueel harken	W8SI2	<497	W8SI1	<190	<190
	ALWEST	18.000	<1,1			W8SI5	2829 (chrysotiel & anthofylliet)	W8SI6	18000 ¹ A	10000 ¹ B
Oud Arenberg	ACMAA	790	<1,1	Leem	Geen	O8SI2	<499			
	ALWEST	1.400	<1,1							
Kolonie	ACMAA	110	<1,1	Zand	Geen	K6SI2	<498	K6SI1	<180	<180
	ALWEST	92	<1,1							
Mulgrachtstraat	ACMAA	7.200	<1,1	Lemig zand	Geen	M8SI2	941 (chrysotiel)	M8SI1	<180	<180
	ALWEST	1.300	1,1							
	OMEGAM	8,5	<1,1							
Hessie	ACMAA	62.000	0,2	Lemig zand	Geen	H8SI2	<497			
	ALWEST	1900	10							
	OMEGAM	1100	18							
Geelsebaan	ACMAA	39.000	30	Lemig zand	Geen	G8SI2	<500	G8SI1	<190	<190
	ALWEST	3.660	16							
	OMEGAM	170	0,1							

* concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

¹ Filter te vol beladen conform ISO14966. Analyseresultaten dienen als schattingen geïnterpreteerd te worden

A chrysotiel 4800 v/m³, crocidoliet 13000 v/m³ B chrysotiel 0 v/m³, crocidoliet 10000 v/m³

Tabel 28: Bodemcondities en asbestconcentraties in de buitenlucht tijdens de gecontroleerde buiten simulaties (harken)

Bodem van meetlocatie... (staalnr)	Bodem					TEM			SEM				
	Asbest in grond in mg/kg (0-5 cm-mv) per analyselaboratorium		Bodem concentratie Resp. vezel (mg/kg) (in-situ meting)	Type grond	Vocht- conditie	Bemonsterings- hoogte (m+mv)	Staalnr	Asbest Type	Vezel- concentratie (v/m3)	Staalnr	Asbest Type CHR	Asbest Type CRO	Totaal Vezel- concent- ratie (v/m3)
Westlangeweg	ACMAA ALWEST	420 000 18 000	180*1 <1,1	Klei	0%	1,5	SIM-W1	Chrysotiel Crocidoliet	251 *2	SIM-W2	<170	<170	<170
					0%	0,6	SIM-W3	Geen	<250				
					10%	1,5	SIM-W5	Geen	<250				
					10%	0,6	SIM-W7	Geen	<250				
Oud Arenberg	ACMAA ALWEST	790 1 400	< 1.1 <1,1	Leem	0%	1,5	SIM-O1	Chrysotiel	667	SIM-O2	<180	120	120
					0%	0,6	SIM-O3	Chrysotiel Crocidoliet	376	SIM-O4	59	29	88
					10%	1,5	SIM-O5	Geen	<250				
					10%	0,6	SIM-O7	Geen	<250				
Mulgrachtstraat	ACMAA ALWEST OMEGAM	7 200 1 300 8,5	<1,1 1 <1,1	Lemig zand	0%	1,5	SIM-M1	Chrysotiel	<250*2	SIM-M2	58	<170	58
					0%	0,6	SIM-M3	Chrysotiel Amosiet	334	SIM-M4	59	59	120
					10%	1,5	SIM-M5	Geen	<250				
					10%	0,6	SIM-M7	Chrysotiel Amosiet	501	SIM-M8	59	120	180
					25%	1,5	SIM-M9	Geen	<250				
					25%	0,6	SIM-M11	Geen	<250	SIM-M12	<170	<170	<170
Geelsebaan	ACMAA ALWEST OMEGAM	39 000 3 660 170	30 16 0,1	Lemig zand	0%	1,5	SIM-G1	Geen	<250				
					0%	0,6	SIM-G3	Geen	<250				

*¹ concentratie vermenigvuldigd met factor 10 omdat amfibool asbest gedetecteerd werd.

*² de luchtconcentratie is lager dan detectielimiet, ondanks het feit dat één of enkele vezels geteld werden (cfr. rapporteringsregels).

Waarde Onder daggemiddelde grenswaarde 5000 v/m³ en jaargemiddelde grenswaarde 1000 v/m³, overschrijding jaargemiddelde richtwaarde 500 v/m³

VLAREM II, **Waarde** Onder jaargemiddelde richtwaarde 500 v/m³ VLAREM II

Onder daggemiddelde grenswaarde 5000 v/m³, jaargemiddelde richtwaarde 500 v/m³ en grenswaarde 1000 v/m³ VLAREM II

Om een meer realistische beoordeling te kunnen maken over de asbestconcentraties in de buitenlucht, werden **buiten simulatie**-experimenten uitgevoerd met behulp van een gecontroleerde setup qua bodem, bodemvochtgehalte, systematische beroering. Tijdens deze simulaties werden luchtmonsteringen uitgevoerd voor TEM en SEM analyses. (Tabel 28). Hierbij werd vastgesteld dat bodemvocht een belangrijke factor is voor asbestemissies. Er werden telkens testen uitgevoerd bij een bodem met 0%, 10% en 25% bodemvochtgehalte. Bij 25% werd geen asbest gemeten. Bij simulaties met bodem van 0% en 10% werden asbestconcentraties tot ca. 700 v/m³ gemeten.

- De gemeten concentraties liggen (ver) onder de jaargemiddelde grenswaarde van 1000 v/m³ en de maximale 24/48u gemiddelde grenswaarde van 5000 v/m³. Bij beroering van twee van de vier bodems ligt de asbestconcentratie in de lucht onder de richtwaarde van VLAREM II (500 v/m³, als jaargemiddelde). Op twee locaties is de asbestconcentratie (beperkt) hoger dan de richtwaarde (501 en 667 v/m³ t.o.v. de richtwaarde van 500 v/m³).

Op basis van bovenstaande buitenmetingen en simulaties kan besloten worden dat er **asbestemissie uit de afdruiptzone kan plaatsvinden tijdens opwaai experimenten en manuele beroering**. Dit zijn echter **geen asbestconcentraties in de lucht die de daggemiddelde grenswaarde van VLAREM II overschrijden (5000 v/m³)**. Indien de uitmiddellingsperiode niet in beschouwing wordt meegenomen kan **bij droge (10% vocht) of kurkdroge (0% vocht) asbesthoudende bodem de asbestconcentratie in de lucht de jaargemiddelde grenswaarde (1000 v/m³) benaderen en de richtwaarde (500 v/m³) overschrijden**.

Obminski et al (2022) heeft de asbestconcentraties in de lucht kunnen koppelen aan de bodemconcentraties. Een bodemconcentratie van 0,02% (200 mg/kg) kan resulteren in een luchtconcentratie tot bijna 1500 v/m³ bij passage. Bij het onberoerd laten van de bodem (geen passage) valt bij een bodemconcentratie tot 0,03% (300 mg/kg) geen concentratie van asbest in omgevingslucht hoger dan 500 v/m³ te verwachten. Het risico op asbestemissies naar de lucht wordt door Obminski omschreven als een **positief verband waarbij er een potentiële toename van asbest in lucht van 1000 v/m³ kan plaatsvinden per toename van 0,01% van de bodemconcentratie**, vanaf een bodemconcentratie van 0,01%. Het risico dat vezels uit de bodem naar de lucht verspreid worden hangt sterk af van de beroering van de bodem (in dit geval rijden met de wagen over de bodem). De gehanteerde limietwaarde (Polen) van 0,1% asbest in bodem is volgens Obminski geen garantie op een veilige situatie, ongeacht het gebruik van de bodem.

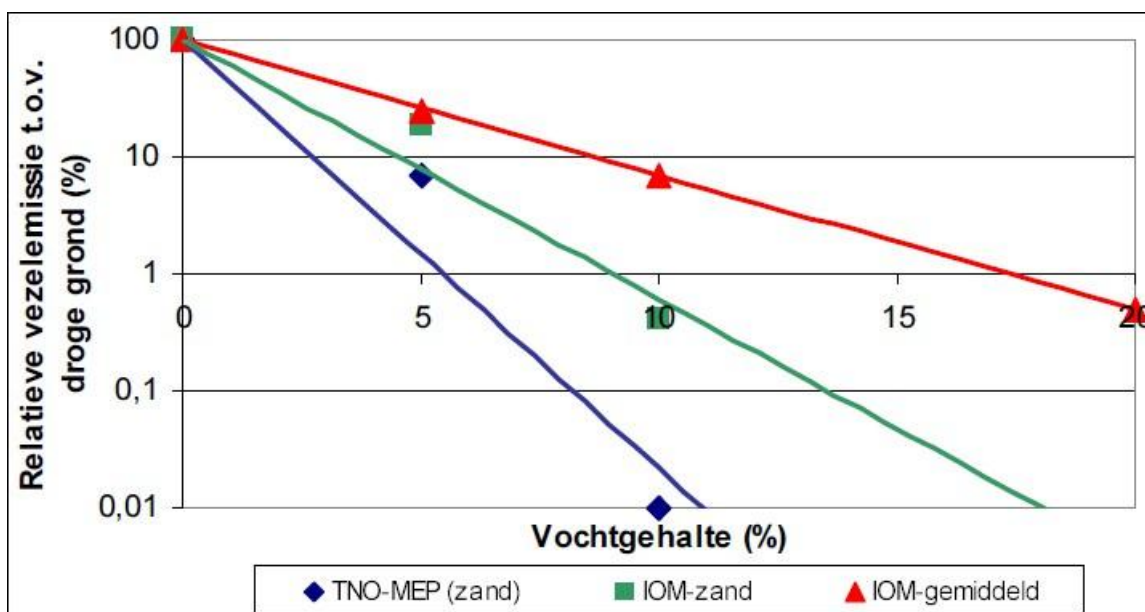
Vanwege de grote verschillen in asbestconcentraties in de bodem tussen de labo's is het op basis van huidige onderzoeksresultaten niet mogelijk om een uitspraak te doen over het aan- of afwezig zijn van een **verband tussen de concentratie respireerbare vezels in de bodem en de vezelconcentratie in de lucht**.

Uit het onderzoek is gebleken dat de vochtigheid van de bodem van invloed is op de mate van asbestvezelemissie. Onder natte real life omstandigheden is geen vezel vrijstelling in de lucht gemeten, terwijl bij dezelfde droge grond (0%) en geringe bodemvochtigheid (10% vocht) er wel vezel vrijstelling in de lucht is aangetoond bij buitensimulatie. Dit is ook bevestigd in eerder onderzoek van Tromp et al (2003) en Addison et al (1988). Uit beide onderzoeken blijkt dit verband exponentieel te zijn (Figuur 18) en blijkt dat de vochtigheidsgraad het meest invloed heeft in zandgrond. De oorzaak hiervan is mogelijk dat zandgrond een zeer laag humus en lutum gehalte heeft, waardoor vezels in een droge situatie totaal niet geabsorbeerd

worden. Bij kleiige of lemige bodem die nat wordt zal de vezelvrijstelling veel lager zijn door de sterkere binding. Kleiige bodems hebben ook een lagere infiltratiesnelheid en betere

waterretentiecapaciteit waardoor de bodem minder snel uitdroogt dan zandige bodems. **Vanuit zandige asbesthoudende grondsoorten in periode van droogte zal de asbestemissie het hoogste zijn.**

Op basis van de resultaten van de labosimulatie kan geconcludeerd worden dat **naar mate er meer beroering is, er een hogere vezelemissie naar de lucht is.** Tijdens de labo simulatie is met dezelfde grond bij een opwaai experiment geen vezelvrijstelling aangetoond en bij manuele beroering wel. De manuele beroering is tijdens de labo-simulatie enkel voor de locatie Westlangeweg uitgevoerd. Ook dit wordt bevestigd in literatuur, waarin een exponentieel verband is aangetoond tussen de mate van vezelemissie en de mate van beroering (Tromp et al, 2003).



Figuur 18 De relatieve vezelemissie (t.o.v. droge grond) (%), als functie van het vochtgehalte in de bodem (%), op basis van experimenten van TNO (Tromp, 2022) en IOM (Addison et al 1988), overgenomen uit Tromp et al 2003.

Of dit opwaairisico vanuit een afdruiptzone anders is vanuit asbesthoudende grond is moeilijk in te schatten. Asbest in de toplaag van de afdruiptzone is voornamelijk niet-hechtgebonden asbest uit de fijnere zeeffracties. Dit zijn asbestcement partikeltjes die van het dakoppervlak eroderen en met het regenwater in de afdruiptzone terecht komen en als niet-hechtgebonden geclassificeerd worden omdat het bindingsmateriaal sterk gedegradieerd is (Obminski, 2022, Tromp et al, 2022). In de afdruiptzone vermengen deze partikels zich met het bodemmateriaal, en kan de bindingsmatrix mogelijks verder aangetast worden zodat de asbestvezels vrij kunnen komen. De vrije asbestvezels kunnen ook loskomen op het dakoppervlak zelf, en als vrije vezels afspoelen naar de afdruiptzone.

Doordat in afdruiptzones de fractie niet-hechtgebonden naar verwachting groter is dan in asbesthoudende grond gaat het opwaaien van vezels vanuit de afdruiptzone mogelijk gemakkelijker dan vanuit asbesthoudende grond waar vermoedelijk een groter percentage hechtgebonden asbest gaat zijn.

Uit literatuur (Swartjes et al 2003) is gebleken dat tijdens praktijkmetingen ter plaatse van een verontreiniging met enkel hechtgebonden asbest in de bodem er slechts in één geval op de 350 een verhoogde asbestvezelconcentratie in de lucht werd aangetoond. In het geval van niet-hechtgebonden asbest in de bodem bleken de asbestvezelconcentratie in de lucht vele malen hoger.

In de studie van Swartjes en Tromp (2008) werd geconcludeerd dat er bij een asbestconcentratie van meer dan 10.000 mg/kg^c van met name niet hechtgebonden asbest er asbestvezels in de lucht kunnen worden aangetoond bij de geringste beroering. Deze conclusie wordt niet bevestigd in het huidige onderzoek. Bij de locatie Westlangeweg, waar zeer hoge asbestconcentraties (42.000 mg/kg^c) in de bodem werden aangetoond (enkel niet- hechtgebonden asbest), werden geen asbestvezels (<497 v/m³) in de lucht aangetoond bij de labo-simulatie met luchtverplaatsing terwijl er bij de locatie Mulgrachtstraat (720 mg/kg^c, niet hechtgebonden) er wel asbestvezels (941 v/m³) in de lucht werden aangetoond bij de labo- simulatie met luchtverplaatsing. Een soortgelijke vrijstelling werd ook aangetoond bij de gecontroleerde buitensimulatie. Hier werden voor Mulgrachtstraat (334 v/m³) eveneens meer asbestvezels in de lucht aangetoond in vergelijking tot Westlangeweg (<250 v/m³) op 0,6 meter hoogte. Tijdens intensiever beroeren (rijden, landbouw) op bodems met een soortgelijke niet-hechtgebonden asbestconcentratie (300-600 mg/kg^d) zoals bij Mulgrachtstraat werden hogere concentraties asbestvezels in de lucht aangetoond (1500-3500 v/m³) (Obminski, 2022). Zelfs bij een lagere niet-gebonden asbestconcentratie in de bodem (25 mg/kg^d) werden bij intensievere beroering (rijden, landbouw) asbestvezels in de lucht aangetoond van 1000 v/m³.

Ook concludeerde Swartjes en Tromp (2008) dat er bij asbestconcentraties kleiner dan 10.000 mg/kg^c van gebonden asbest er geen asbestvezels in de lucht worden gevonden. Dit stemt niet overeen met de resultaten van Oud Arenberg tijdens de gecontroleerde buitensimulatie. Op de locatie Oud Arenberg werd een asbestconcentratie in de bodem van 590 mg/kg^c aangetoond waarvan 560 mg/kg^c gebonden asbest was. Op deze locatie werden tijdens de gecontroleerde buitensimulatie asbestvezels in de lucht aangetoond (667 v/m³).

Op basis van de data van de buitensimulatie kan **geen verband gelegd worden tussen de bemonsteringshoogte boven het bodemoppervlak en de aangetoonde asbestconcentratie in de lucht**. De verwachting was dat er dichterbij het oppervlak hogere concentraties gemeten zouden worden, maar dit blijkt niet uit de meetdata. Lokale windeffecten spelen hierbij een rol. Er werd bij experimenten asbest aangetoond op een hoogte van 0,6 m en op een hoogte van 1,5 m (dit waren de twee hoogtes waarop gemeten werd).

7.2 KOPPELING MET BODEMCONCENTRATIES

Voor de labo- en buitensimulaties werd **bodem met (zeer) hoge asbestconcentraties gebruikt (>1000 mg/kg ds gewogen) afkomstig uit afdruiptzones op verschillende locaties in Vlaanderen**. De bodems liggen aan de bovenkant van het bereik van asbestconcentraties die in het ABESIM onderzoek gemeten werden (in het bereik van de 20% bodems met de hoogste asbestconcentraties uit de Abesim studie). De reden hiervoor was om te testen onder worst-case omstandigheden. Indien zou blijken dat er hoge concentraties gemeten zouden worden in de lucht tijdens de simulaties, dan zou het zinvol zijn geweest om minder sterk verontreinigde bodem mee op te nemen in de testen, maar dat bleek niet nodig.

Opgemerkt dient te worden dat de spreiding op de meetresultaten voor identieke bodemonsters wel aanzienlijk is. De verklaring hiervoor vergt verder onderzoek dat buiten de scope van deze studie valt.

Omdat de spreiding van de meetresultaten voor de identieke bodemonsters niet verklaard kan worden, is **het niet mogelijk om op basis van onderhavige data een uitspraak te doen over een mogelijk dan wel ontbrekend verband tussen de hoogte van de asbestconcentratie in de bodem en de mate van asbestvezelvrijstelling en asbestconcentratie in de lucht**.

Swartjes en Tromp (2008) hebben aangetoond dat **de gemiddelde asbestconcentratie in de lucht toeneemt met de asbestconcentratie in de bodem**.

Over het algemeen geven de simulatie-experimenten hogere asbestconcentraties in de lucht, terwijl de veld metingen iets lagere asbestconcentratie in de lucht geven. De veldmetingen met gebonden asbest vertonen volgens verwachting relatief lage asbestconcentraties in de lucht.

7.3 BLOOTSTELLINGSRISICO

In deze studie (en referenties) werd aangetoond dat:

- asbestvezelvrijstelling in de lucht mogelijk is vanuit de afdruiptzone. De mate van vrijstelling hangt sterk af van de mate van beroering, het vochtgehalte, grondsoort, hechtgebondenheid en asbestconcentratie in de bodem.
- Dit zijn echter geen asbestconcentraties in de lucht die de daggemiddelde grenswaarde van VLAREM II overschrijden (5000 v/m³).

7.4 AANBEVELINGEN NAAR TOEPASSING VAN DE CVGP ASBEST

De aanbevelingen voor de aanpassing van de risico-analyse asbest maakt geen onderdeel uit van dit rapport en zal in een apart document nader worden toegelicht.

LITERATUURLIJST

- Obminski, A., 2022. Asbestos cement products and their impact on soil contamination in relation to various sources of anthropogenic and natural asbestos pollution. *Science of the Total Environment* 848, 157275.
- Ricchiuti, C., Pereira, D., Punturo, R., et al., 2021. Hazardous elements in asbestos tremolite from the Basilicata region, southern Italy: a first step. *Fibers* 9 (8). <https://doi.org/10.3390/fib9080047>.
- Tromp, P., Spaan, S., Ten Brug, B., 2022. De verwerking van asbesthoudende daken en de verspreidingsroutes en blootstellingsrisico's van daarbij vrijkomende asbest(vezels), TN) 2022 R10832 A.
- Gezondheidsraad 2010. Asbest: Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Gezondheidsraad, Den Haag, Nederland, 2010.
- Swartjes FA, Tromp PC, Wezenbeek JM. Beoordeling van de risico's van bodemverontreiniging met asbest. RIVM- rapport 711701034/2003, Rijkinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, 2003.
- Swartjes FA, Tromp PC, 2008. A tiered approach for the assessment of the human health risks of asbestos in soils. *Soil & Sediment Contamination*, 17, 137-149.
- Circulaire bodemsanering, Staatscourant Nederland 2013, 16675, 27 juni 2013.
- Tempelman J., tromp PC, Swartjes FA, Knol AB. Praktische consequenties van het advies van de Gezondheidsraad inzake asbest 2010. TNO-rapport TNO-034-UT-2010-01344 / RIVM rapport 607647001, augustus 2010.
- Peters J, Berghmans P, Daems J, Touchant K. Risico inschatting asbestvezelvrijstelling uit afdruiptzones. VITO, 2020/HEALTH/R2372, maart 2021.
- Wetteraue M, Kaligis TA. Onderzoek bodemverontreiniging en verwerking van asbest bij asbestdaken in provincie Drenthe (definitief). Regionale Uitvoeringsdienst Drenthe, Arcadis, 2017.
- Oosterwegel JLV. Bijzonder inventariseren onderzoek. Erosie van asbestdaken. Geofox-Lexmond BV, Eelerwoude BV, versie 1.2, 29 september 2014.

Schneider T. Dust and fibers as a cause of indoor environment problems. *SJWEH Suppl.* 2008;(4):10–17 Thatcher, T.L. and Layton, D.W. (1995) Deposition, Resuspension, and Penetration of Particles within a Residence. *Atmospheric Environment*, 29, 1487-1497. [http://dx.doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00016-R](http://dx.doi.org/10.1016/1352-2310(95)00016-R)

Shaughnessy, R., Vu, H. (2012) Particle loadings and resuspension related to floor coverings in chamber and in occupied school environments, *Atmospheric Environment*, Volume 55, 2012, Pages 515-524, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.008>.

Qian, J., Ferro, A.R., Fowler, K.R. (2008) Estimating the Resuspension Rate and Residence Time of Indoor Particles, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58:4, 502-516, DOI: 10.3155/1047-3289.58.4.502

Qian, J., Ferro, A.R. (2008) Resuspension of Dust Particles in a Chamber and Associated Environmental Factors, *Aerosol Science and Technology*, 42:7, 566-578, DOI: 10.1080/02786820802220274

NIST Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1841, Modeling Particle Resuspension for Estimating Potential Exposure to Bacillus Spores, 77 pages (June 2015), <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/TechnicalNotes/NIST.TN.1841.pdf>

Kelman, B.J., Millette, J.R., Bell, J.U. (1994) Resuspension of Asbestos in Settled Dust in an Apartment Cleaning Situation, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 9:11, 876-878, DOI: 10.1080/1047322X.1994.10388423

EPA (2005) Resuspension of Fibers From Indoor Surfaces Due to Human Activity. Order Number 3C-R321- NANX. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P10031HW.TXT>

Benabed, A., Boulbair, A. PM10, PM2.5, PM1, and PM0.1 resuspension due to human walking. *Air Qual Atmos Health* 15, 1547–1556 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01201-3>

Kominsky, J.R. , Thornburg, J.W. , Shaul, G.M., Barrett, W.M. , Hall, F.D. & Konz, J.J. (2010) Development of the Releasable Asbestos Field Sampler, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60:3, 294-301, DOI: 10.3155/1047-3289.60.3.294

Maulida, P.T.; Kim, J.W.; Jung, M.C. Environmental Assessment of Friable Asbestos from Soil to Air Using the Releasable Asbestos Sampler (RAS). *Toxics* 2022, 10, 748

Abesim, 2019. Asbestafbouwplan: voorbereidend traject karakterisatie van bodem in functie van reinigbaarheid en storten. Rapport E18/4217.

Addison, J; Davies, L S.T.; Robertson, A; Willey, R J (1988). The release of dispersed asbestos fibers from soils. Institute of Occupational Medicine, report no. TM/88/14.

Ovam, 2023, Meetcampagne voor stofmetingen in woningen in Willebroek, D/2023/5024/14

Balloi A, Rolli E, Marasco R, Mapelli F, Tamagnini I, Cappitelli F, et al. (2010). The role of microorganisms in bioremediation and phytoremediation of polluted and stressed soils. *Agrochimica* 54, 353–369. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.218

Hirsch P, Eckhardt FEW, and Palmer RJ Jr. (1995). Methods for the study of rock-inhabiting microorganisms – a mini review. *J. Microbiol. Methods* 23, 143–167. doi: 10.1016/0167-7012(95)00017-F.

Holmes EP, and Lavkulich LM (2014). The effects of naturally occurring acids on the surface properties of chrysotile asbestos. *J. Environ. Sci. Health A* 49, 1445–1452. doi: 10.1080/10934529.2014.928558

Tromp, P.C. 2002. Exploratory study on risks of exposure to asbestos in soil (in Dutch). TNO-report R 2002-78, TNO, Apeldoorn, The Netherlands.

BIJLAGE A MEETLOCATIES

Westlangeweg 3, Beveren

Datum Afdekking: 02/11/2022 Datum
bemonstering 6/12/2022:

Veldwaarneming: geen worst-case scenario: natte bodem en natte begroeiing, geen
opwaaiend zand of stof tijdens beroering, laarzen slijkerig i.p.v. zanderig Weersomstandigheden
tijdens bemonstering: T 4,9°C, RH 94 %, wind 2,1 m/s (Ukkel bron: <https://www.meteobelgie.be>)



Figuur 19 Afdekking van de meetlocaties



Figuur 20 Bemonsteringspunten Westlangeweg 3

De bodemstaalname is weergegeven in Bijlage C.

Oud Arenberg 98, Doel

Datum Afdekking: 02/11/2022 Datum
bemonstering 12/12/2022:

Veldwaarneming: natte bodem en natte begroeiing, licht bevroren, geen opwaaiend stof tijdens
beroering

Weersomstandigheden tijdens bemonstering: T -2,3°C, RH 88 %, wind 2,2 m/s (Ukkel bron:
<https://www.meteobelgie.be>)

De bodemstaalname is weergegeven in Bijlage C



Figuur 21 Afdekking van de meetlocatie



Figuur 22 Puin in bovenste bodemlaag

Kolonie, Wortel

Datum Afdekking: 14/11/2022 Datum
bemonstering 29/11/2022

Veldwaarneming: geen worst-case scenario: vochtig, geen opwaaiend zand of stof tijdens beroering,
laarzen slijkerig i.p.v. zanderig

Weersomstandigheden tijdens bemonstering: T 9,1°C, RH 82 %, wind 7,4 m/s (Ukkel bron:
<https://www.meteobelgie.be>)



Figuur 23 Afdekking de meetlocatie Wortel



Figuur 24: Bemonstering meetlocatie Wortel

De bodemstaalname is weergegeven in Bijlage C

Geelsebaan 15, Mol

Datum Afdekking: geen

Datum bemonstering 27/04/2023 Veldwaarneming: geen

Weersomstandigheden tijdens bemonstering: T 9,6°C, RH 62 %, wind 3 m/s (Ukkel bron: <https://www.meteobelgie.be>)

Figuur 25: Bemonstering meetlocatie Geelsebaan



Mulgrachtstraat 7, Mol

Datum Afdekking: geen

Datum bemonstering: 03/05/2023

Veldwaarneming: geen

Weersomstandigheden tijdens bemonstering: T 11,3°C, RH 58 %, wind 3,5 m/s (Ukkel bron: <https://www.meteobelgie.be>)



Figuur 26: Bemonstering meetlocatie Mulgrachtstraat

Hessie 31, Mol

Datum Afdekking: geen

Datum bemonstering 04/05/2023

Veldwaarneming: geen

Weersomstandigheden tijdens bemonstering: T 17°C, RH 58 %, wind 3,2 m/s (Ukkel bron:

<https://www.meteobelgie.be>)



Figuur 27 Bemonstering meetlocatie Hessie

BIJLAGE B BEMONSTERINGSGEGEVENS LUCHTSTALEN

Real Life

Westlangeweg, Beveren

06/12/2022 - JD - asbest druppelzone Westlangeweg 3				
scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 4 x 1,5m	graven druppelzone 4 x 1,5m	maaien druppelzone 4 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM	filter W-1	filter W-3	filter W-5	filter W-7
pomp	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-864	Gilian 12 S/N 1004
debiet (L/min)	24,7	24,5	25,1	8,0
tijd start (uu:mm)	06/12/2022 11:20	06/12/2022 11:50	06/12/2022 12:20	06/12/2022 11:10
tijd stop (uu:mm)	06/12/2022 13:20	06/12/2022 13:50	06/12/2022 14:20	06/12/2022 13:04
duur (min)	120	120	120	114
gasteller start (m3)	87,088	117,169	130,920	NVT
gasteller stop (m3)	90,053	120,105	133,936	NVT
volume (L)	2965	2936	3016	912
stationair SEM	filter W-2	filter W-4	filter W-6	NVT
pomp	Gilian 5000 S/N 1003	Gilian 5000 S/N 1002	Gilian 5000 S/N 1004	
debiet (L/min)	2,5	2,5	2,5	
tijd start (uu:mm)	06/12/2022 11:20	06/12/2022 11:50	06/12/2022 12:20	
tijd stop (uu:mm)	06/12/2022 13:20	06/12/2022 13:50	06/12/2022 14:20	
duur (min)	120	120	120	
gasteller start (m3)	NVT	NVT	NVT	
gasteller stop (m3)	NVT	NVT	NVT	
volume (L)	300	300	300	
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	W-8 : 0-5 cm			
	W-9 : 0-25 cm			
binnenloopmonster	W-10			

datum : 08/05/2023				
lokatie : Westlangeweg 3 - 9130 Doel				
uitvoerder(s) : JD / DP				
scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 3 x 1,5m	graven / harken druppelzone 3 x 1,5m	maaien druppelzone 3 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone / harkzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	NVT	W-11	W-13	W-15
pomp		TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]		25,9	25,0	24,8
tijd start (uu:mm)		10:50	10:50	10:49
tijd stop (uu:mm)		12:50	12:50	13:01
duur (min) [target 120 min]		120	120	132
gasteller start (m3)		158,027	238,468	31,350
gasteller stop (m3)		161,137	241,467	34,623
volume (L)		3110	2999	3273
stationair SEM [PC goud 25 mm]	NVT	W-12	W-14	NVT
pomp		TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-915	
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]		13,1	12,5	
tijd start (uu:mm)		10:50	10:50	
tijd stop (uu:mm)		12:50	12:50	
duur (min) [target 120 min]		120	120	
gasteller start (m3)		134,855	106,409	
gasteller stop (m3)		136,422	107,911	
volume (L)		1567	1502	
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : W-8 : bemonsterd op 06/12/2022			
	0-25 cm : W-9 : bemonsterd op 06/12/2022			
binnenloopmonster [schoenzolen]	W-16 : bemonsterd op 08/05/2023			

Oud Arenberg, Doel

12/12/2022 - JD - asbest druppelzone Oud Arenberg 98

scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 4 x 1,5m	harken druppelzone 4 x 1,5m	maaien druppelzone 4 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden harkzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM	filter O-1	filter O-3	filter O-5	filter O-7
pomp	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-916	Gilian 12 S/N 1004
debiet (L/min)	24,5	26,0	24,3	8,0
tijd start (uu:mm)	12/12/2022 11:07	12/12/2022 11:37	12/12/2022 12:07	12/12/2022 11:07
tijd stop (uu:mm)	12/12/2022 13:07	12/12/2022 13:37	12/12/2022 14:07	12/12/2022 12:04
duur (min)	120	120	120	57
gasteller start (m3)	90,053	133,936	120,105	NVT
gasteller stop (m3)	92,988	137,059	123,021	NVT
volume (L)	2935	3123	2916	456
stationair SEM	filter O-2	filter O-4	filter O-6	NVT
pomp	Gilian 5000 S/N 1003	Gilian 5000 S/N 1004	Gilian 5000 S/N 1002	
debiet (L/min)	2,5	2,5	2,5	
tijd start (uu:mm)	12/12/2022 11:07	12/12/2022 11:37	12/12/2022 12:07	
tijd stop (uu:mm)	12/12/2022 13:07	12/12/2022 13:37	uitval t.g.v. vrieskou	
duur (min)	120	120	N/A	
gasteller start (m3)	NVT	NVT	NVT	
gasteller stop (m3)	NVT	NVT	NVT	
volume (L)	300	300	N/A	
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	O- : 0-5 cm			
	O- : 0-25 cm			

Kolonie, Wortel

di. 29/11/2022 - JD - asbest druppelzone Kolonie 41

scenario	actief 1	actief 2	passief 1	passief 2
wat ?	belopen druppelzone 8m x 1,5m	graven druppelzone 8m x 1,5m	met beroering	zonder beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone	3m windaf	3m windaf
stationair TEM	filter K-1	filter K-3	filter K-5	filters K-11 t/m K-16
pomp	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-915	Leckel 20/0181
debiet (L/min)	25,4	25,0	24,6	38,3
tijd start (uu:mm)	29/11/2022 11:02	29/11/2022 12:30	29/11/2022 11:02	29/11/2022 23:55
tijd stop (uu:mm)	29/11/2022 13:02	29/11/2022 14:30	29/11/2022 14:36	11/12/2022 23:55
duur (min)	120	120	214	2880 per filter
gasteller start (m3)	127,872	114,175	81,819	NVT
gasteller stop (m3)	130,920	117,169	87,088	NVT
volume (L)	3048	2994	5269	110400 per filter
stationair SEM	filter K-2	filter K-4	NVT	NVT
pomp	Gilian 5000 S/N 1003	Gilian 5000 S/N 1002		
debiet (L/min)	2,5	2,5		
tijd start (uu:mm)	29/11/2022 11:02	29/11/2022 12:30		
tijd stop (uu:mm)	29/11/2022 13:02	29/11/2022 14:30		
duur (min)	120	120		
gasteller start (m3)	NVT	NVT		
gasteller stop (m3)	NVT	NVT		
volume (L)	300	300		
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	K-6 : 0-5 cm			
	K-7 : 0-25 cm			

Mulgrachtstraat, Mol

datum : 03/05/2023				
lokatie : Mulgrachtstraat 7 - 2400 Mol				
uitvoerder(s) : JD / DP				
scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 3 x 1,5m	graven / harken druppelzone 3 x 1,5m	maaien druppelzone 3 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone / harkzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	M-1	M-3	M-5	M-7
pomp	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	24,0	25,1	25,3	24,4
tijd start (uu:mm)	09:25	11:28	09:27	09:24
tijd stop (uu:mm)	11:25	13:28	11:27	13:32
duur (min) [target 120 min]	120	120	120	248
gasteller start (m3)	152,037	232,412	229,379	22,234
gasteller stop (m3)	154,913	235,419	232,412	28,290
volume (L)	2876	3007	3033	6056
stationair SEM [PC goud 25 mm]	M-2	M-4	M-6	NVT
pomp	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-915	
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	13,7	15,5	14,8	
tijd start (uu:mm)	09:25	11:28	09:27	
tijd stop (uu:mm)	11:25	13:28	11:27	
duur (min) [target 120 min]	120	120	120	
gasteller start (m3)	131,655	103,002	101,224	
gasteller stop (m3)	133,303	104,867	103,002	
volume (L)	1648	1865	1778	
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	
bodemstalen	0-5 cm : M-8 : bemonsterd op 20/03/2023			
	0-25 cm : M-9 : bemonsterd 20/03/2023			
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT : geen zand onder schoenzolen			

Hessie, Mol

datum : 04/05/2023				
lokatie : Hessie 31 - 2400 Mol				
uitvoerder(s) : JD / DP				
scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 3 x 1,5m	graven / harken druppelzone 3 x 1,5m	maaien druppelzone 3 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone / harkzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	H-1	H-3	NVT : geen begroeiing	H-7
pomp	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-865		TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	25,9	25,4		24,7
tijd start (uu:mm)	08:51	08:51		08:50
tijd stop (uu:mm)	10:51	10:51		10:54
duur (min) [target 120 min]	120	120		124
gasteller start (m3)	154,913	235,419		28,290
gasteller stop (m3)	158,027	238,468		31,350
volume (L)	3114	3049		3060
stationair SEM [PC goud 25 mm]	H-2	H-4	NVT : geen begroeiing	NVT
pomp	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-915		
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,9	12,9		
tijd start (uu:mm)	08:51	08:51		
tijd stop (uu:mm)	10:51	10:51		
duur (min) [target 120 min]	120	120		
gasteller start (m3)	133,303	104,867		
gasteller stop (m3)	134,855	106,409		
volume (L)	1552	1542		
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	
bodemstalen	0-5 cm : H-8			
	0-25 cm : H-9			
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT : geen zand onder schoenzolen			

Geelsebaan, Mol

datum : 27/04/2023				
lokatie : Geelsebaan 15 - 2400 Mol				
uitvoerder(s) : JD / DP				
scenario	actief 1	actief 2	actief 3	passief 1
wat ?	belopen druppelzone 3 x 1,5m	graven / harken druppelzone 3 x 1,5m	maaien druppelzone 3 x 1,5m	met beroering
lokatie	midden loopzone	midden graafzone / harkzone	midden maaizone	3m windaf
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	G-1	G-3	G-5	G-7
pomp	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-864	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	24,9	24,9	25,0	24,8
tijd start (uu:mm)	09:16	11:20	09:59	09:14
tijd stop (uu:mm)	11:16	13:20	11:59	13:26
duur (min) [target 120 min]	120	120	120	252
gasteller start (m3)	147,386	149,052	226,383	15,978
gasteller stop (m3)	150,372	152,037	229,379	22,234
volume (L)	2986	2985	2996	6256
stationair SEM [PC goud 25 mm]	G-2	G-4	G-6	NVT
pomp	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-916	TCR MIE-ILU-915	
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,7	12,5	12,8	
tijd start (uu:mm)	09:16	11:20	09:59	
tijd stop (uu:mm)	11:16	13:20	11:59	
duur (min) [target 120 min]	120	120	120	
gasteller start (m3)	128,627	130,150	99,691	
gasteller stop (m3)	130,150	131,655	101,224	
volume (L)	1523	1505	1533	
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : G-8 : bemonsterd op 20/03/2023			
	0-25 cm : G-9 : bemonsterd 20/03/2023			
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT : geen zand onder schoenzolen			

Labo Simulatie

Proef	datum	Locatie	Staal	Activiteit	vocht (%)	staalnummer goudfilter	staalnummer nitrocellulose filter	tellerstand st goudfilter	tellerstand einde goudfilter	aangezogen volume goudfilter (liter)	tellerstand start nitrocellulose filter	tellerstand start nitrocellulose filter	aangezogen volume nitrocel filter (liter)
1	03/05/2023	Kolonie	K6	wind	0	K6_SI1	K6_SI2	406849	407976	1127	382011	383392	1381
2	03/05/2023	OudArenberg	O8	wind	0	O8_SI1	O8_SI2	407976	409144	1168	383392	385095	1703
3	04/05/2023	Kolonie	K6	wind	10	K6_SI3	K6_SI4	409144	410306	1162	385095	386454	1359
4	04/05/2023	OudArenberg	O2	wind	10	/	O8_SI3				386454	387797	1343
5	04/05/2023	Kolonie	K6	wind	25	/	K6_SI5				387797	389048	1251
6	04/05/2023	OudArenberg	O2	wind	25	/	O8_SI4				389048	390395	1347
7	08/05/2023	Westlangeweg	W8	wind	0	W8_SI1	W8_SI2	410270	411318	1048	390395	391761	1366
8	08/05/2023	Westlangeweg	W8	wind	15		W8_SI3				391761	393096	1335
9	08/05/2023	Westlangeweg	W8	wind	35		W8_SI4				393096	394427	1331
10	10/05/2023	Geelsebaan	G8	wind	0	G8_SI1	G8_SI2	411318	412345	1027	394427	395756	1329
11	10/05/2023	Geelsebaan	G8	wind	10		G8_SI3				395756	397092	1336
12	10/05/2023	Geelsebaan	G8	wind	25		G8_SI4				397092	398395	1303
13	01/06/2023	Mulgrachtstraat	M8	wind	0	M8_SI1	M8_SI2	412413	413531,5	1118,5	398477	399829	1352
14	01/06/2023	Mulgrachtstraat	M8	wind	10		M8_SI3				399829	401141	1312
15	01/06/2023	Mulgrachtstraat	M8	wind	25		M8_SI4				401141	402471	1330
16	02/06/2023	Hessie	H8	wind	0	H8_SI1	H8_SI2	413531,5	415412	1880,5	402471	403793	1322
17	02/06/2023	Hessie	H8	wind	10		H8_SI3				403793	405127	1334
18	02/06/2023	Hessie	H8	wind	25		H8_SI4				405127	406470	1343
19	05/06/2023	Westlangeweg	W8	wind+harken	0	W8_SI6	W8_SI5	415412	416924	1512	406470	407780	1310

Buiten Simulatie

Westlangeweg, Beveren

datum : 16/10/2023						
weersomstandigheden: T 13,4 °C, RH 75,2%, wind 13 km/u (bron: weer1.com)						
lokatie : outdoor simulatie (BIO1) a.h.v. bodem Westlangeweg 3, 9130 Doel						
uitvoerder(s) : JD						
scenario	actief 1		actief 2		actief 3	
wat ?	harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 0 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 10 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 25 %	
lokatie / hoogte	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	SIM-W-1	SIM-W-3	SIM-W-5	SIM-W-7	SIM-W-9	SIM-W-11
pomp	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-865	TCR MIE-ILU-915	TCR MIE-ILU-865
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	26,7	25,7	25,2	26,8	23,7	27,4
tijd start (uu:mm)	11:10	11:10	12:48	12:48	14:27	14:27
tijd stop (uu:mm)	12:40	12:40	14:18	14:18	15:57	15:57
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	111,025	245,545	113,425	247,856	115,697	250,268
gasteller stop (m3)	113,425	247,856	115,697	250,268	117,828	252,738
volume (L)	2400	2311	2272	2412	2131	2470
stationair SEM [PC goud 25 mm]	SIM-W-2	SIM-W-4	SIM-W-6	SIM-W-8	SIM-W-10	SIM-W-12
pomp	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,7	12,7	12,7	12,6	12,6	12,7
tijd start (uu:mm)	11:10	11:10	12:48	12:48	14:27	14:27
tijd stop (uu:mm)	12:40	12:40	14:18	14:18	15:57	15:57
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	37,258	38,408	38,405	39,549	39,544	40,686
gasteller stop (m3)	38,405	39,549	39,544	40,686	40,679	41,825
volume (L)	1147	1141	1139	1137	1135	1139
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 03/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 03/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 03/10/2023	
	0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT	
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT		NVT		NVT	

Oud Arenberg, Doe

datum : 21/11/2023 (actief 1) + 23/11/2023 (actief 2) + 28/11/2023 (actief 3)

weersomstandigheden 21/11/2023: T 8,2 °C, RH 82%, wind 17,8 km/u (bron: weer1.com)

weersomstandigheden 23/11/2023 : T 9,6 °C, RH 81,4%, wind 17,4 km/u (bron: weer1.com)

weersomstandigheden 28/11/2023: T 6,6 °C, RH 85,2%, wind 21 km/u (bron: weer1.com)

lokatie : outdoor simulatie (BIO1) a.h.v. bodem Oud Arenberg 98, 9130 Doe

uitvoerder(s) : JD

scenario	actief 1		actief 2		actief 3	
wat ?	harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 0 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 10 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 25 %	
lokatie / hoogte	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	SIM-O-1	SIM-O-3	SIM-O-5	SIM-O-7	SIM-O-9	SIM-O-11
pomp	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	24,5	25,6	24,4	25,7	24,4	25,7
tijd start (uu:mm)	10:13	10:13	10:00	10:00	10:40	10:40
tijd stop (uu:mm)	11:43	11:43	11:30	11:30	12:10	12:10
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	41,859	41,980	48,468	48,917	55,057	55,865
gasteller stop (m3)	44,063	44,286	50,664	51,226	57,252	58,182
volume (L)	2204	2306	2196	2309	2195	2317
stationair SEM [PC goud 25 mm]	SIM-O-2	SIM-O-4	SIM-O-6	SIM-O-8	SIM-O-10	SIM-O-12
pomp	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,6	12,5	12,7	12,6	12,6	12,6
tijd start (uu:mm)	10:13	10:13	10:00	10:00	10:40	10:40
tijd stop (uu:mm)	11:43	11:43	11:30	11:30	12:10	12:10
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	92,338	46,815	95,757	50,209	99,180	53,632
gasteller stop (m3)	93,473	47,944	96,898	51,342	100,317	54,764
volume (L)	1135	1129	1141	1133	1137	1132
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 10/11/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 10/11/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 10/11/2023	
	0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT	
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT		NVT		NVT	

Mulgrachtstraat, Mol

datum : 21/11/2023 (actief 1) + 23/11/2023 (actief 2) + 28/11/2023 (actief 3)

weersomstandigheden 21/11/2023: T 8,2 °C, RH 82%, wind 17,8 km/u (bron: weer1.com)

weersomstandigheden 23/11/2023 : T 9,6 °C, RH 81,4%, wind 17,4 km/u (bron: weer1.com)

weersomstandigheden 28/11/2023: T 6,6 °C, RH 85,2%, wind 21 km/u (bron: weer1.com)

lokatie : outdoor simulatie (BIO1) a.h.v. bodem Mulgrachtstraat 7, 2400 Mol

uitvoerder(s) : JD

scenario	actief 1		actief 2		actief 3	
wat ?	harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 0 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 10 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 25 %	
lokatie / hoogte	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	SIM-M-1	SIM-M-3	SIM-M-5	SIM-M-7	SIM-M-9	SIM-M-11
pomp	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	24,4	25,7	24,5	25,8	24,4	25,8
tijd start (uu:mm)	12:09	12:09	11:43	11:43	12:34	12:34
tijd stop (uu:mm)	13:39	13:39	13:13	13:13	14:04	14:04
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	44,063	44,286	50,664	51,226	57,252	58,182
gasteller stop (m3)	46,258	46,598	52,865	53,545	59,446	60,508
volume (L)	2195	2312	2201	2319	2194	2326
stationair SEM [PC goud 25 mm]	SIM-M-2	SIM-M-4	SIM-M-6	SIM-M-8	SIM-M-10	SIM-M-12
pomp	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,7	12,6	12,7	12,6	12,7	12,6
tijd start (uu:mm)	12:09	12:09	11:43	11:43	12:34	12:34
tijd stop (uu:mm)	13:39	13:39	13:13	13:13	14:04	14:04
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90	90	90
gasteller start (m3)	93,473	47,944	96,898	51,342	100,317	54,764
gasteller stop (m3)	94,617	49,078	98,039	52,475	101,459	55,902
volume (L)	1144	1134	1141	1133	1142	1138
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023	
	0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT	
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT		NVT		NVT	

Geelsebaan, Mol

datum : 21/11/2023 (actief 1) + 23/11/2023 (actief 2)

weersomstandigheden 21/11/2023: T 8,2 °C, RH 82%, wind 17,8 km/u (bron: weer1.com)

weersomstandigheden 23/11/2023 : T 9,6 °C, RH 81,4%, wind 17,4 km/u (bron: weer1.com)

lokatie : outdoor simulatie (BIO1) a.h.v. bodem Geelsebaan 15, 2400 Mol

uitvoerder(s) : JD

scenario	actief 1		actief 2		actief 3	
wat ?	harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 0 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 10 %		harken bodem volumetrisch vochtgehalte = 25 %	
lokatie / hoogte	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m	windaf 1,5 m	windaf 0,6 m
stationair TEM [MCE 0,45 µm 50 mm]	SIM-G-1	SIM-G-3	SIM-G-5	SIM-G-7	NVT	NVT
pomp	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027	TCR MIE-ILU-1024	TCR MIE-ILU-1027		
debiet (L/min) [target 25,0 L/min]	24,6	25,8	24,4	25,8		
tijd start (uu:mm)	14:00	14:00	13:27	13:27		
tijd stop (uu:mm)	15:30	15:30	14:57	14:57		
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90		
gasteller start (m3)	46,258	46,598	52,865	53,545		
gasteller stop (m3)	48,468	48,917	55,057	55,865		
volume (L)	2210	2319	2192	2320		
stationair SEM [PC goud 25 mm]	SIM-G-2	SIM-G-4	SIM-G-6	SIM-G-8	NVT	NVT
pomp	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025	TCR MIE-ILU-1026	TCR MIE-ILU-1025		
debiet (L/min) [target 12,5 L/min]	12,7	12,6	12,7	12,9		
tijd start (uu:mm)	14:00	14:00	13:27	13:27		
tijd stop (uu:mm)	15:30	15:30	14:57	14:57		
duur (min) [target 90 min]	90	90	90	90		
gasteller start (m3)	94,617	49,078	98,039	52,475		
gasteller stop (m3)	95,757	50,209	99,180	53,632		
volume (L)	1140	1131	1141	1157		
kleefstalen	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
bodemstalen	0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023		0-5 cm : 3 x 15 L : bemonsterd op 11/10/2023	
	0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT		0-25 cm : NVT	
binnenloopmonster [schoenzolen]	NVT		NVT		NVT	

BIJLAGE C BODEMSTAALNAMELOCATIES

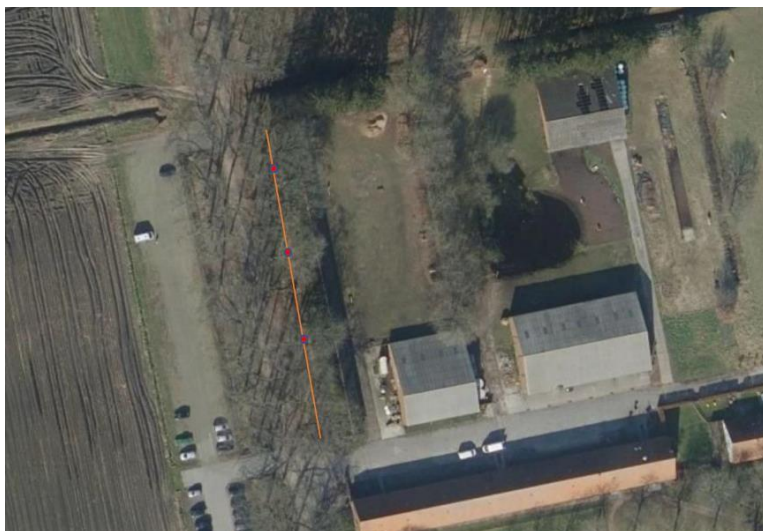
De bodemstaalnamelocaties zijn weergegeven in Figuur 28 voor Oud-Arenberg 98 Doel, in Figuur 29 voor Westlangeweg 3 Beveren en in Figuur 30 voor Kolonie 41 Wortel.



Figuur 28 Bodemstaalnamelocaties Oud Arenberg 98 Doel



Figuur 29 Bodemstaalnamelocaties Westlangeweg 3, Beveren



Figuur 30 Bodemstaalnamelocaties Kolonie 41, Wortel

Voor de locaties Mulgrachtstraat, Geelsebaan en Hessie zijn geen bodemstaalname gegevens door ABO ter beschikking gesteld.

BIJLAGE D ANALYSECERTIFICATEN ASBESTANALYSE BODEM

Overzicht:

ACMAA

2023063474/1 Geelsebaan staal 1
2023063481/1 Geelsebaan staal 2
2023063491/1 Geelsebaan staal 3
2023063502/1 Hessie staal 1 2023063507/1
Hessie staal 2 2023063510/1 Hessie staal 3
2023063496/1 Mulgrachtstraat staal 1
2023063497/1 Mulgrachtstraat staal 2
2023063498/1 Mulgrachtstraat staal 3
2023063553/2 SEM geelsebaan, hessie, mulgrachtstraat
2022184489/1 Kolonie staal 1
2022184493/1 Kolonie staal 2 2022184494/1
Kolonie staal 3 2022184465/1 Oud Arenberg
staal 1 2022184469/1 Oud Arenberg staal 2
2022184470/1 Oud Arenberg staal 3
2022184471/1 Westlangeweg staal 1
2022184476/1 Westlangeweg staal 2
2022184488/1 Westlangeweg staal 3
2022185220/2 SEM Kolonie, Oud Arenberg, Westlangeweg

ALWEST

1216169 (Oud Arenberg, Westlangeweg, Kolonie) 1268564
(Geelsebaan, Mulgrachtstraat, Hessie)

OMEGAM

2023063520/1 Geelsebaan staal 1
2023063526/2 Geelsebaan staal 2
2023063527/3 Geelsebaan staal 3
2023063541/3 Hessie staal 1 2023063550/1
Hessie staal 2 2023063551/1 Hessie staal 3
2023063540/3 Mulgrachtstraat staal 1
2023063534/1 Mulgrachtstraat staal 2
2023063536/3 Mulgrachtstraat staal 3
2023063561/1 SEM geelsebaan, hessie, mulgrachtstraat

Pdf's op te vragen bij VITO.

BIJLAGE E RAPPORT CONCENTRATIE ASBEST-LUCHT TEM STONEFISH

Real Life simulaties / labo simulatie:

- 2023-00848-T001 (stalen real life: K3, O3, O7, W3, W7)
- 2023-03409-T001 (stalen real life: G3, G5, H3. M3, M5, W11, W13 / labo simulatie K6_SI2, O8_SI2)
- 2023-03853-T001 (stalen labo simulatie W8_SI2, G8_SI2, M8_SI2, H8_SI2, W8_SI2)
- 2023-03853-T001V2 (heranalyse voor bepaling asbestsoorten)

Buiten simulatie

- 2023-06698-T001 (stalen W1, W3, G1, G3, M1, M3, O1, O3 ~ 0% vocht 2 hoogtes)
- 2023-06766-T001 (stalen W5, W7, M5, M7, O5, O7 ~ 10% vocht 2 hoogtes)
- 2023-06849-T001 (stalen M9, M11 ~ 25% vocht 2 hoogtes)

Pdf's op te vragen bij VITO.

BIJLAGE F RAPPORT CONCENTRATIE ASBEST-LUCHT SEM TNO

SEM Analysemethode

De stalen zijn geanalyseerd conform ISO 14966:2019 met behulp van een FEI Nova NanoSEM 650. Na de plasmaverassingsbehandeling is de gehele filter zonder verdere voorbereiding op een SEM-monsterstomp gemonteerd voor SEM-analyse.

De analyse met SEM bestaat uit het systematisch afzoeken van een aantal representatieve beeldvelden. Binnen elk beeldveld worden de volgende parameters bepaald:

- Aantal vezels
- De lengte en de diameter per vezel, en
- De vezelsoort (op basis van chemische samenstelling en morfologie)

Er worden twee vezeldefinities onderscheiden:

- Een deeltjes met een diameter groter dan 5 µm en een diameter van minder dan 3 µm en een lengte-diameterverhouding van 3:1 (conform NEN-ISO 14966)
- Bij vezels korter 5 µm, een deeltje met parallelle zijden met een lengte-diameterverhouding van $\geq 5:1$ (deze verhouding voorkomt dat (splijt)fragmenten van niet-vezelige mineralen als vezels worden getypeerd).

De asbestvezelconcentratie wordt uitgedrukt in het aantal vezels per kubieke meter lucht (m³) en wordt bepaald door de volgende factoren:

- Aantal getelde vezels (n)
- Het afgezocht filteroppervlak (aantal beeldvelden X beeldoppervlak) [mm²]
- Het totale filteroppervlak [mm²]
- Het doorgezogen volume lucht tijdens de monsterneming [m³]

Door middel van onderstaande formule wordt de asbestvezelconcentratie berekend:

$$\text{Concentratie} = \frac{\text{Vezels [n]}}{\text{Volume [m}^3\text{]}} \times \frac{\text{Totaal filteroppervlak [mm}^2\text{]}}{\text{afgezocht filteroppervlak [mm}^2\text{]}}$$

Data real life en labo simulaties

From: Tromp, P.C. (Peter) <peter.tromp@tno.nl>

Sent: Tuesday, 22 August 2023 12:27

To: Evelien Frijns <evelien.frijns@vito.be>

Subject: RE: Afdruipzones

Hoi Evelien,

Sorry voor de vertraging van de resultaten, door de vakantieperiode heeft alles wat langer geduurd. Hieronder de resultaten; alleen in monster W8_SI6 hebben we een asbestvezels aangetroffen. Het filter W8_SI6 was inderdaad vol beladen, volgens de regels van ISO 14966 zou dit tot afkeur leiden.

We hebben toch het filter kunnen analyseren, maar wel als kanttekening dat de resultaten schattingen zijn.

Wat opvalt is dat wij in tegenstelling tot de TEM resultaten geen anthofylliet hebben aangetroffen maar wel crocidoliet.

Wat verder opvalt is dat er ook zeer dunne crocidolietvezels zijn aangetroffen met een diameter tussen de 50-100nm, deze zijn bij de normale beeldvergroting nauwelijks zichtbaar (en mogen conform de regels van ISO 14966 niet worden meegeteld)

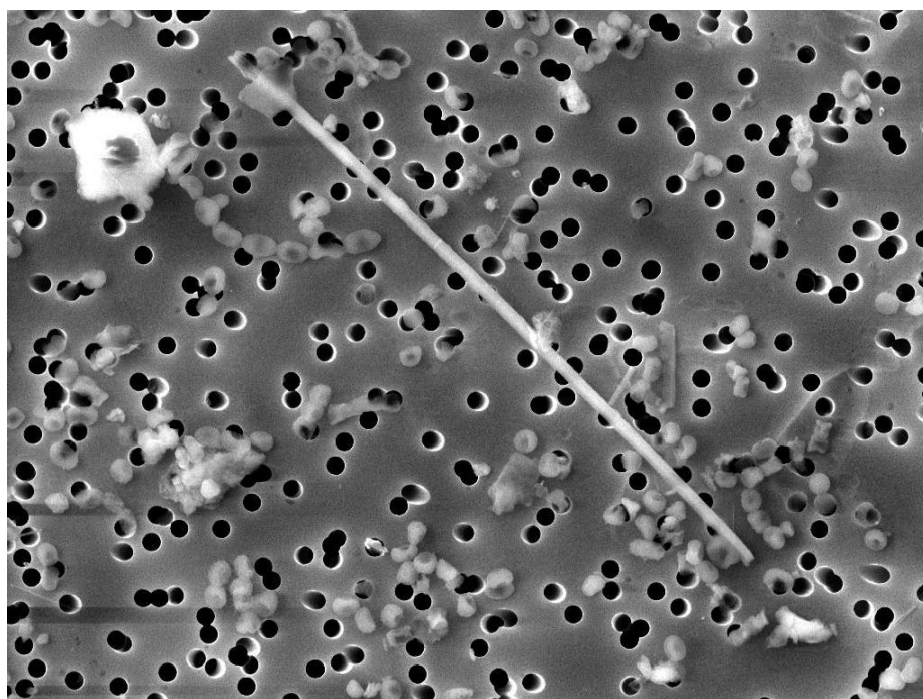
Wij hebben bij een hogere vergroting extra beeldvelden geanalyseerd en schatten dat het aandeel aan dunne vezels ten opzichte van de vezels met een diameter >0.2µm ca. 50% is. Dat wil zeggen dat de totale vezelconcentratie 50% hoger ligt dan de in de tabel weergegeven waarden.

Ik heb verder gekeken naar binding van de vezels aan bodemdeeltjes (zie bijlage met foto's) De meeste vezels zijn los, dus niet gebonden aan deeltjes, een ruwe schatting is dat ca. 75% losse vezels zijn.

Wat wel opvalt is dat het hele filter vol ligt met schimmel sporen (op de SEM foto's zichtbaar als ovale deeltjes rond de 1µm)

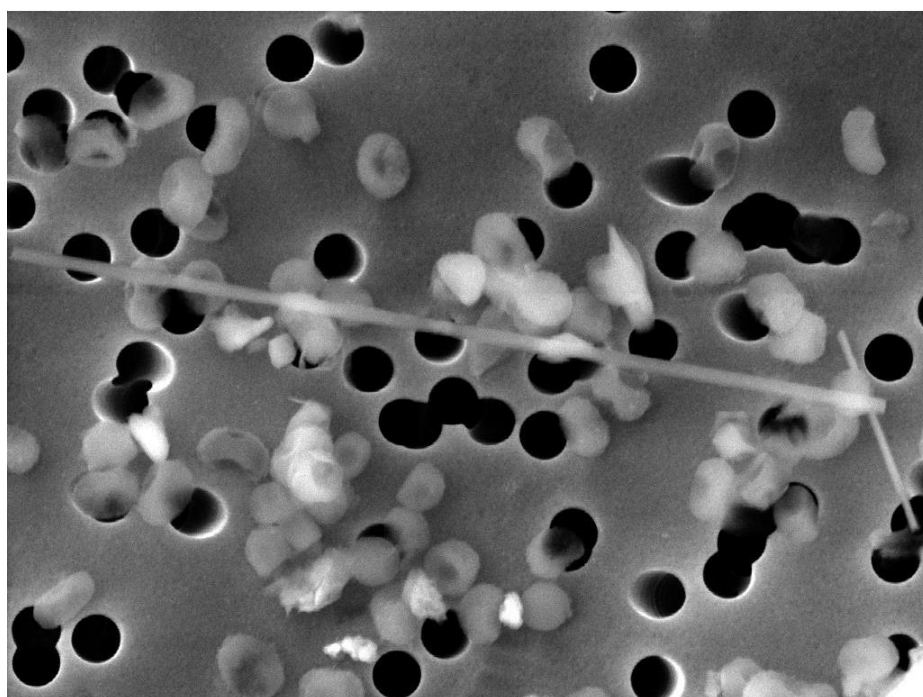
Staalnummer	Volume (L)	Vezelconcentratie > 5µm (v/m3)			Vezelconcentratie < 5µm (v/m3)		
		chrysotiel	crocidoliet	totaal	chrysotiel	crocidoliet	totaal
K6_SI1	1127			<180			<180
W8_SI1	1048			<190			<190
G8_SI1	1027			<190			<190
M8_SI1	1119			<180			<180
W8_SI6	1512	4800	13000	18000	-	10000	10000
W12	1567			<170			<170
W14	1502			<180			<180
G4	1505			<180			<180
G6	1533			<170			<170
M4	1865			<140			<140
M6	1778			<150			<150
H4	1542			<170			<170

Met vriendelijke groet,
Peter



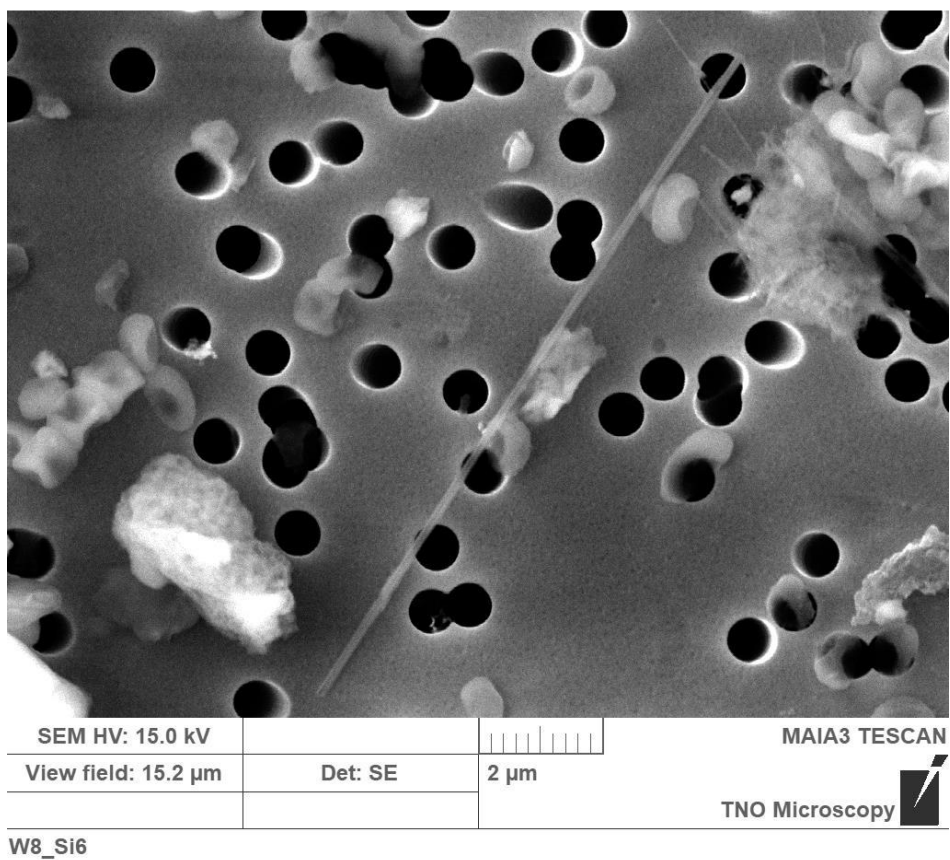
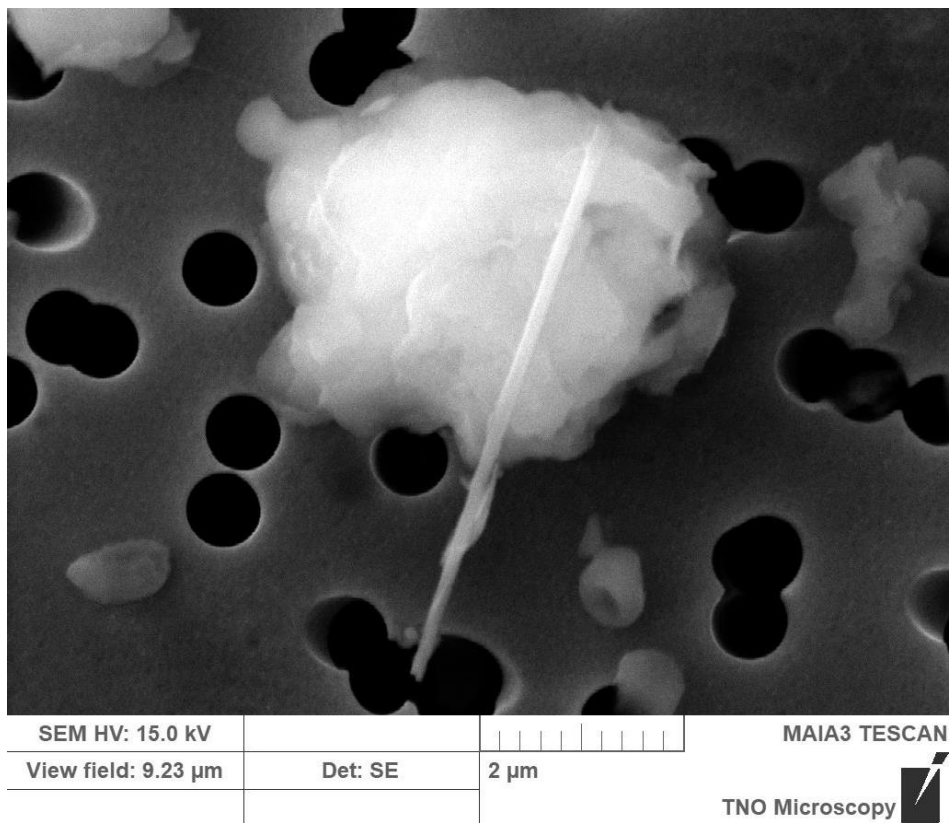
SEM HV: 15.0 kV		MAIA3 TESCAN
View field: 36.5 μm	Det: SE	10 μm
		TNO Microscopy

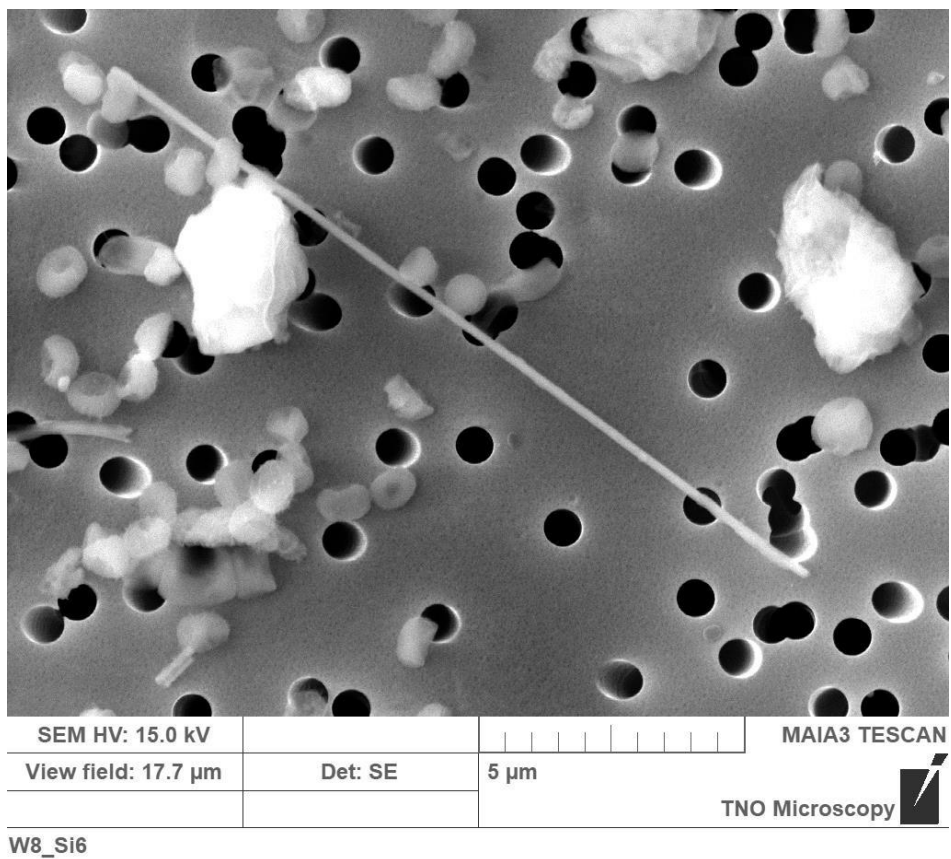
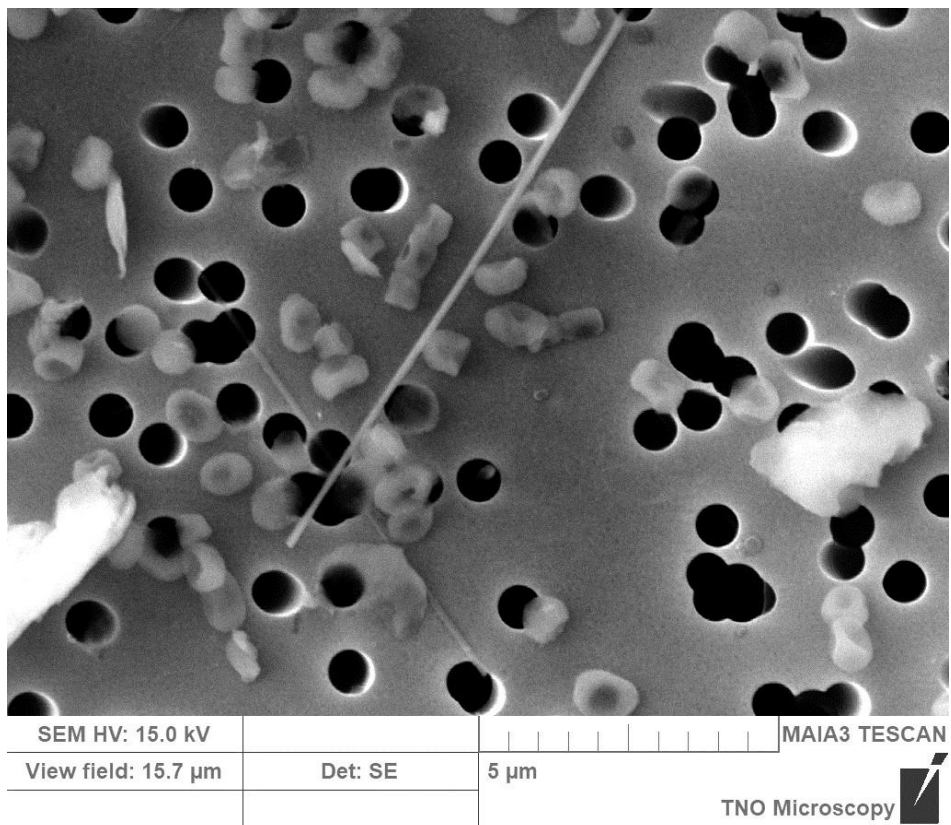
W8_Si6

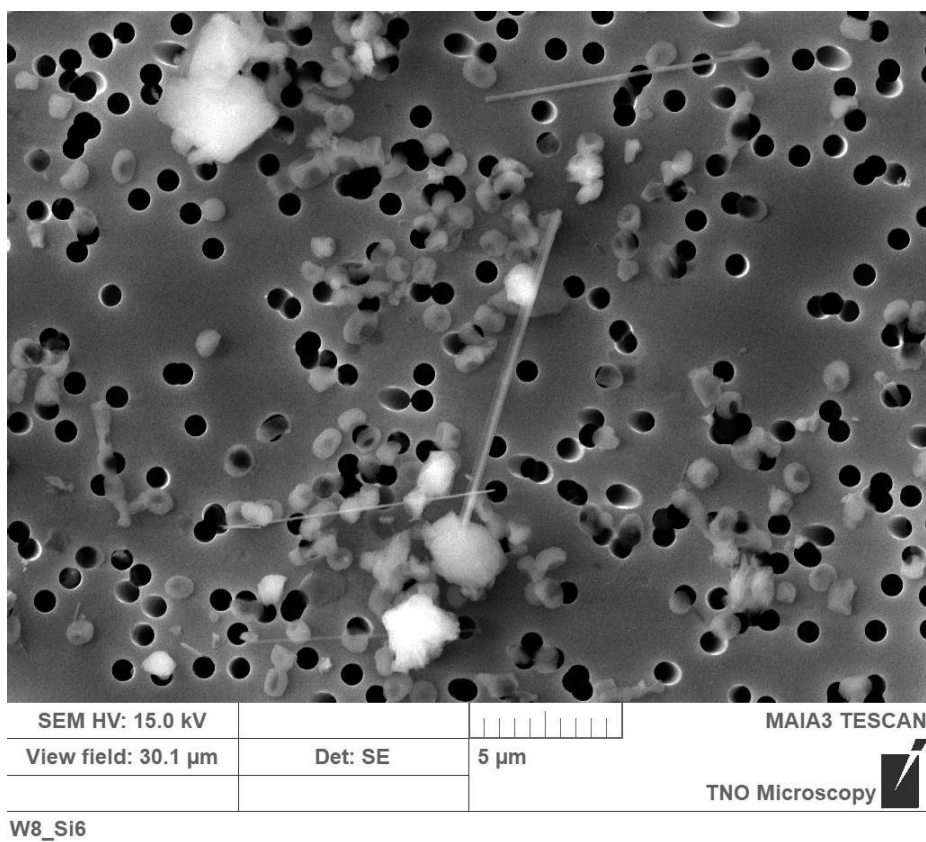
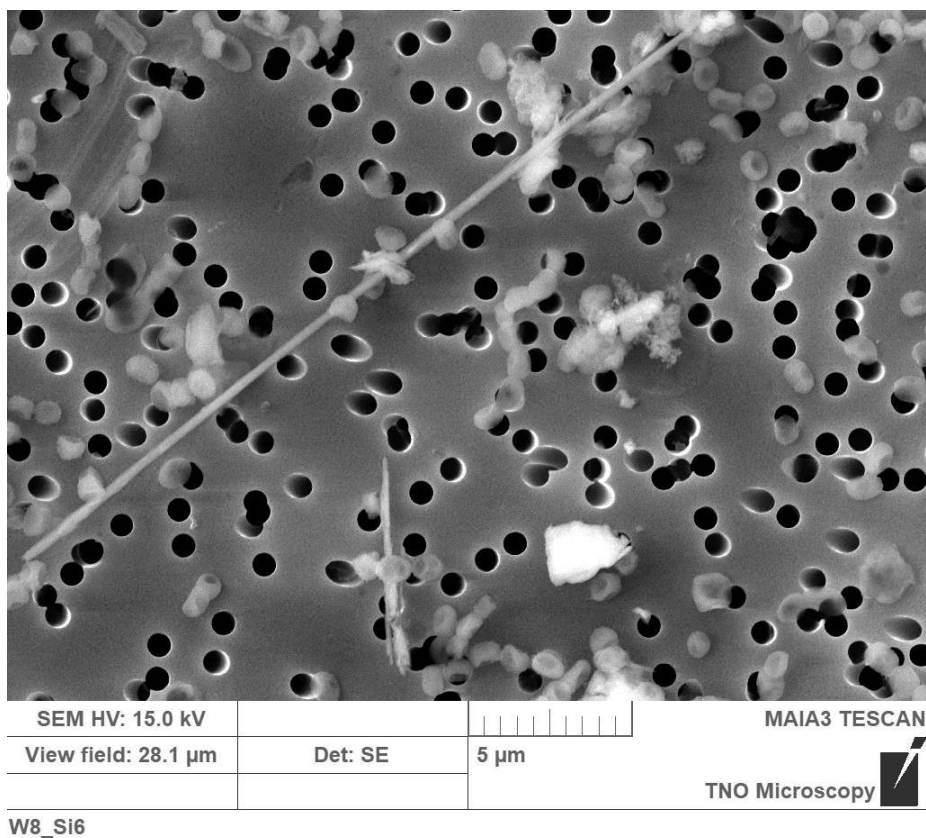


SEM HV: 15.0 kV		MAIA3 TESCAN
View field: 13.8 μm	Det: SE	2 μm
		TNO Microscopy

W8_Si6







Data buiten-simulaties

From: Steeg, W. (Wouter) van de <wouter.vandesteeg@tno.nl>
Sent: Friday, 9 February 2024 09:02
To: Evelien Frijns <evelien.frijns@vito.be>
Cc: Gerritsen-Ebben, M.G. (Rianda) <rianda.gerritsen@tno.nl>; Tromp, P.C. (Peter) <peter.tromp@tno.nl>
Subject: RE: Stalen SEM afdruiptzones Beste

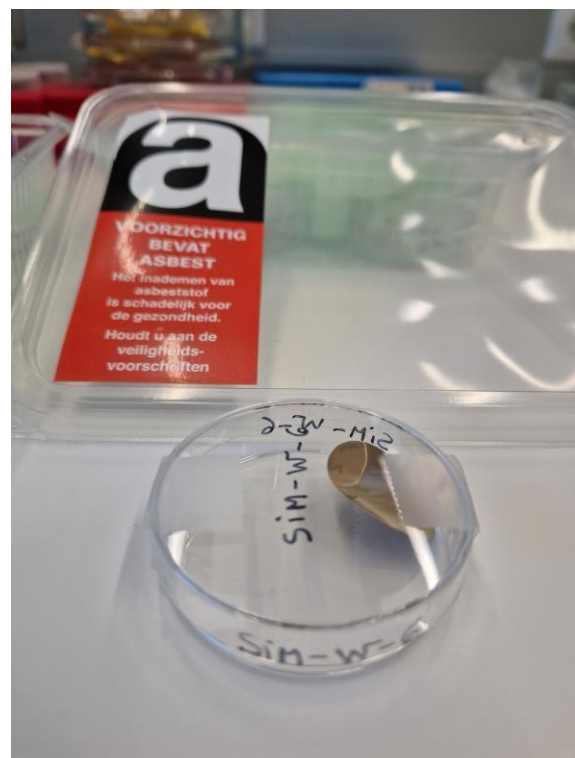
Evelien,

Ingesloten de resultaten voor de asbestanalyses. Excuus dat ze later zijn.

Bij de resultaten moet wel vermeld worden dat we wat afwijkingen die de analyse kunnen beïnvloeden hebben vastgesteld. De monsters waren los aangeleverd in plastic petrischaaltjes. Doordat ze los verpakt zitten is het zeer aannemelijk dat er fysiek contact is geweest van de beladen kant van de filters met de petrischaaltjes. Daarnaast kunnen door statische lading de filters en ook evt. vezels/materiaal van het filter beïnvloed worden (zie bijgevoegde foto). Tijdens analyse hebben we ook gezien dat de filters niet homogeen waren, wat mogelijk door bovenstaande factoren komt. Veel beelden hadden een erg lage belading terwijl sommige stukken van het filter een erg hoge belading hadden.

Mochten er nog vragen zijn dan horen we het graag.

Met vriendelijke groeten, Wouter van de Steeg



Certificaten:
SIM-M-2 SIM-M-
4 SIM-M-8 SIM-
M12 SIM-O-2
SIM-O-4 SIM-W-
2

Pdf's op te vragen bij VITO.

i