

Rapportage arbeidshygiënische validatiemetingen voor de Veilige Werkwijze voor het werken met gevaarlijke vloeistoffen in laboratoria

Versie definitief 6 maart 2026
Consortium Veilige Werkwijze Laboratoria

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	4
2.	Doel van het onderzoek.....	4
3.	Opzet van het onderzoek	4
4.	Plaats van het onderzoek.....	4
5.	Beoordeling met schattingsmodel	4
6.	Indicatieve metingen	5
6.1	Keuze van de chemische stoffen.....	5
6.2	Gekozen handelingen voor de indicatieve metingen	6
6.3	Zuurkasten gebruikt bij indicatieve metingen.....	6
6.4	Tijdschema indicatieve metingen (datum, tijd begin en einde meting) .	7
6.5	Meetplan en gebruikte apparatuur indicatieve metingen.....	7
6.6	Resultaten van de indicatieve metingen.....	8
6.7	Observaties tijdens de monsternamen en leerpunten	10
6.8	Conclusies van de indicatieve metingen.....	11
7.	PAS-metingen	12
7.1	Werkplekfactoren en werkplekcondities	12
7.2	Meetprocedure en gebruikte apparatuur PAS-metingen	13
7.3	Tijdschema (datum, tijd begin en einde meting)	14
7.4	Resultaten van de PAS-metingen.....	15
7.5	Betrouwbaarheidsanalyse	16
8.	Conclusie	17
	Bijlage 1; Online hulpmiddelen blootstellingsbeoordeling	18
1.	Stoffenmanager.....	19
2.	Advanced REACH Tool	21
3.	Gekozen handelingen voor de indicatieve metingen	27
	Bijlage 2; Beschrijving van de handelingen in dit onderzoek	28
	Bijlage 3; Analyseresultaten van de PAS-metingen	29
	Bijlage 4; Kwaliteitscriteria validatie blootstellingsmetingen.....	30

1. Inleiding

Verschillende parameters hebben invloed op de blootstelling aan gevaarlijke chemische stoffen, zoals type handeling (schenken, roeren, vernevelen verwarmen etc.), emissiepotentieel van stoffen (dampspanning van vloeistoffen en stoffigheid van vaste stoffen), aanwezigheid van (lokale) beheersmaatregelen, ventilatie en persoonlijke beschermingsmiddelen.

De wetgeving vereist om van elke stof de aard, mate en duur van de blootstelling te bepalen. In een laboratorium wordt echter met een grote verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen gewerkt. Het is praktisch niet haalbaar om van elk van deze stoffen een blootstellingsbeoordeling uit te voeren. Een consortium van partners uit R&D laboratoria in Nederland bestaande uit Canon Production Printing Netherlands, Covestro (Netherlands) B.V., Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO, Stichting Nederlandse Wetenschappelijk Onderzoek Instituten (NWO-I), Universitair Medische Centra Nederland (UMCNL) en Universiteiten van Nederland (UNL), wil het daarom met metingen aan een selectie van vloeistoffen aantonen dat men veilig kan werken in een zuurkast.

Metingen zijn verricht voor het consortium door arbeidshygiënist, hoger veiligheidskundigen en laboranten van Canon Production Printing, NWO-I, Radboudumc/Radboud Universiteit, Technische Universiteit Eindhoven, TNO en Universiteit Utrecht.

2. Doel van het onderzoek

In dit onderzoek is beoordeeld of bij het werken met gevaarlijke chemische stoffen – in het bijzonder vluchtige vloeistoffen – de zuurkast afdoende beschermt tegen de blootstelling aan dampen van deze stoffen.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het opstellen van een Veilige Werkwijze door het Consortium Veilige Werkwijze Laboratoria.

3. Opzet van het onderzoek

Het onderzoek heeft in twee delen plaatsgevonden. Het eerste deel betrof indicatieve metingen. Tijdens het tweede deel zijn de ervaringen uit het eerste deel meegenomen in het meetprotocol. Het tweede deel betrof het uitvoeren van de arbeidshygiënische PAS¹-metingen volgens een gevalideerde meetmethode, zie bijlage 4.

4. Plaats van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd in drie verschillende bedrijven op de High Tech Campus in Eindhoven. Het adres is High Tech Campus 1, 5656 AE Eindhoven.

5. Beoordeling met schattingsmodel

Het onderzoek is uitgevoerd door een selectie te maken van handelingen met een bepaalde blootstellingspotentie in Stoffenmanager en Advanced REACH Tool. Dit is uitgewerkt in Bijlage 1.

¹ PAS staat voor Personal Air Sampling. Een PAS-meting is binnen de arbeidshygiëne een gebruikelijke meting om de inhalatoire blootstelling aan een stof te kwantificeren.

6. Indicatieve metingen

Voordat de PAS-metingen zijn uitgevoerd zijn eerst indicatieve metingen gedaan met behulp van een direct-afleesbare PID-meter. De resultaten van deze metingen geven geen accurate blootstellingsgegevens, maar wel een indruk over de te verwachten meetwaarden. Het doel van de indicatieve metingen was:

- Om ervaring op te doen met de uitvoering van het meetplan;
- Een schatting te maken van de emissie bij de handelingen, de concentraties in en buiten de zuurkast;
- Een check te doen of het nodig was om alle stoffen uit het oorspronkelijke meetplan te meten volgens de gevalideerde PAS-methode;
- Een check te doen welke van de handelingen de hoogste blootstelling opleverde.

De resultaten van deze indicatieve metingen zijn uiteindelijk gebruikt voor de aanscherping van het meetplan.

6.1 Keuze van de chemische stoffen

Voor de indicatieve metingen zijn zes stoffen gekozen, met verschillende vluchtigheid (dampspanning van 12 tot 59000 Pa), zie Tabel 1.

Tabel 1 Chemische stoffen in het onderzoek

Vloeistof	CAS-#	H-zinnen (GHS-CLP)	Dampspanning bij 20°C (Pa)	Grenswaarde ² TGG8u (mg/m ³)
Diethylether	60-29-7	H224; Flam. Liq. 1 H302; Acute Tox 4 – oral H336; STOT SE 3	59000	308
Aceton	67-64-1	H225; Flam. Liq. 2 H319; Eye Irrit. 2A H336; STOT SE 3	24000	1210
Ethylacetaat	141-78-6	H225; Flam. Liq. 2 H319; Eye Irrit. 2A H336; STOT SE 3	9800	734 (EU)
Xyleen	1330-20-7	H226; Flam. Liq. 3 H312; Acute Tox 4 - dermal H315; Skin Irrit. 2 H332; Acute Tox 4 – inhalation H361d; Repr. cat 2 (NL)	820	210
Octamethyl-cyclo-tetrasiloxaan	556-67-2	H361f; Repr. cat. 2 H410; Aquatic Chronic 1.	130	61 (DNEL)
Ethyleen-glycol	107-21-1	H302; Acute Tox 4. - oral	12	52

² Nederlandse grenswaarde tenzij anders vermeld

6.2 Gekozen handelingen voor de indicatieve metingen

Voor de indicatieve metingen is een aantal handelingen, die in een laboratorium kunnen worden uitgevoerd, gekozen. Gekeken is naar handelingen die ook in schattingsmodellen als Stoffenmanager en ART tot een hoge blootstelling leiden. De handelingen **schoonmaken, roeren en schenken** vormen samen een representatieve worst-case selectie voor laboratoriumwerk met vloeistoffen (Zie Bijlage 1). De belangrijkste overwegingen:

- Alle drie de handelingen hebben in Stoffenmanager een blootstellingswegingscore van 1 en in ART een score van 0,001 (damp), wat duidt op een middelmatige emissiepotentie.
- Handelingen met hogere scores (Stoffenmanager ≥ 1 en ART $\geq 0,001$, damp) zoals spuiten of grootschalig mengen zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Deze hebben aantoonbaar hogere blootstellingspotentie en dienen separaat beoordeeld te worden.
- Handelingen met lagere scores (Stoffenmanager ≤ 1 en ART $\geq 0,001$, damp) vallen onder de veilige werkwijze.

Binnen de context van werken in een zuurkast met stoffen tot een dampspanning van 59000 Pa, blijkt uit modelberekeningen dat de blootstelling laag is en ruim onder de grenswaarden ligt. Deze handelingen zijn daarmee geschikt als basis voor het uitvoeren van metingen en het opstellen van een veilige werkwijze.

Voor iedere handeling die tijdens de indicatieve meting is uitgevoerd is een beschrijving gemaakt. Deze beschrijvingen zijn opgenomen in Bijlage 2.

6.3 Zuurkasten gebruikt bij indicatieve metingen

De indicatieve metingen hebben plaatsgevonden in de zuurkasten beschreven in Tabel 2.

Tabel 2 Zuurkasten ingezet bij de indicatieve metingen

Zuurkast	HTC21 PB03 ZK02	HTC25 P645 ZK03	HTC29 K266 ZK01
Fabrikant	Vinitex	Potteau	Interflow
Bouwjaar zuurkast	2014	2017	2000
Capaciteit beoogd	600 m ³ /h	900 m ³ /h	900 m ³ /h
Capaciteit gemeten	639 m ³ /h (2022)	719 m ³ /h (2022)	721 m ³ /h (2024)
Intredesnelheid bij keuring	0,32 m/s (2022)	0,36 m/s (2022)	0,18 m/s (2024)
Intredesnelheid bij dit onderzoek 2024 ³	0,38 m/s	0,42 m/s	0,24 m/s
Raamhoogte bij meting	48 cm	45 cm	40 cm
Breedte zuurkast	120 cm	120 cm	120 cm
Vullingsgraad zuurkast	40%	25%	35%
Overig	Zuurkast in grote onderzoekshal. Rookproef positief (rook bleef binnen).	In laboratoriumruimte. Zuurkast aan looppad. Rookproef positief (rook bleef binnen)	Zuurkast in de hoek van een lab. Bij het meten van de raamintredesnelheid bleek een grote spreiding tussen de 15 meetpunten.

³ Op alle meetdagen is voorafgaand aan de meting ook een bepaling geweest van de raamsnelheid van de betreffende zuurkast. Ook is met een rookgenerator de afzuigkarakteristiek van de zuurkast bepaald. Voor het bepalen van de raamsnelheid is de methode uit NEN-EN 14175 toegepast. Het betreft een 15-punts meting met een luchtsnelheidsmeter. Deze meting is vergelijkbaar met de metingen die bij de keuring van een zuurkast wordt toegepast.

De zuurkasten vertonen verschillen. Niet alleen onderling, maar ook in de tijd. Dit is een praktijkgegeven. De beoogde capaciteit van een zuurkast is zeker niet altijd de reële capaciteit. Een mogelijke reden kan zijn dat in sommige gebouwen de totale capaciteit van de luchtafzuiging van een gebouw is gemaximeerd. Hoe meer zuurkasten op volle toeren draaien, hoe minder lucht er per zuurkast wordt afgezogen. Dit verklaart mogelijk niet alleen het verschil tussen beoogde capaciteit en reële capaciteit, maar ook de verschillen in raamsnelheid op verschillende tijdstippen.

De zuurkasten verschillen in ouderdom en plaatsing. De zuurkasten zijn een goede doorsnede van zuurkasten zoals deze in veel verschillende laboratoria worden gebruikt.

6.4 Tijdschema indicatieve metingen (datum, tijd begin en einde meting)

De metingen vonden plaats op de momenten beschreven in Tabel 3.

Tabel 3 Meetdagen indicatieve meting

Meetdag		Datum	Tijd begin meting	Tijd einde meting
Indicatief dag 1	HTC 21en HTC 25	8 april 2024	9.00u	17.00u
Indicatief dag 2	HTC 29	5 juni 2024	9.00u	15.00u

6.5 Meetplan en gebruikte apparatuur indicatieve metingen

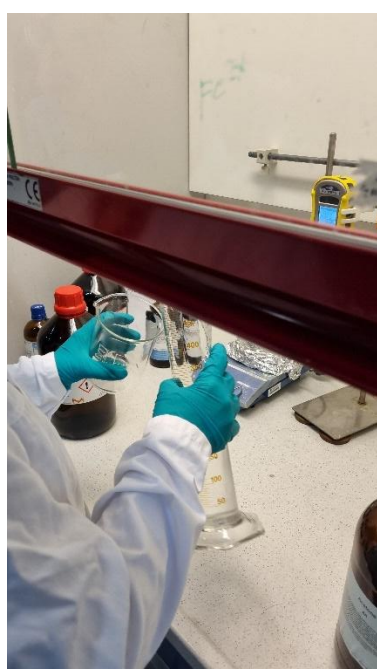
Op 8 april en 5 juni 2024 zijn er bij drie zuurkasten indicatieve metingen verricht. Deze metingen zijn verricht met een PID-meter. Het voordeel van de PID-meter is dat direct de aanwezige concentratie wordt afgelezen. Het nadeel is dat de meting mogelijk minder nauwkeurig is dan bijvoorbeeld een PAS-meting. Vandaar dat het indicatieve metingen zijn.

Op deze meetdagen is gevarieerd met betrekking tot een aantal aspecten, zie Tabel 4 voor het meetplan):

- Drie verschillende zuurkasten van verschillende leveranciers in drie verschillende gebouwen, om een zo groot mogelijke spreiding te krijgen aan omstandigheden (Tabel 3). Hoewel de zuurkasten allemaal uiteindelijk eigendom zijn van TNO zijn ze in gebruik bij verschillende onderdelen van TNO worden ze beheerd door verschillende verantwoordelijken en vallen ze onder verschillende beheerregimes. De onderdelen kunnen hierdoor beschouwd worden als verschillende bedrijven zoals is voorschreven door de NLA in de criteria voor het valideren van een veilige werkwijze.
- Zes verschillende stoffen met een uiteenlopende range aan dampspanning/vluchtigheid (Tabel 1).
- Drie verschillende handelingen. Deze drie handelingen zijn uitgekozen omdat de verwachting is dat deze laboratoriumhandelingen de grootste mogelijke emissie van vloeistofdamp zouden geven en daarom ook het meest representatief zouden zijn voor een veilige werkwijze, zie paragraaf 6.2.
- Alle handelingen zijn uitgevoerd bij kamertemperatuur.

Tabel 4 Meetplan indicatieve metingen

Werkplek	Drie verschillende zuurkasten in drie gebouwen
Vooraf	Beoordeling van de werking van de zuurkasten met behulp van rookproef en luchtsnelheidsmetingen
Stoffen	1. Variatie in de drie handelingen met 1 stof (diethylether) om te zoeken naar de handeling met de hoogste blootstelling (Figuur 1) 2. Variatie in de zes stoffen met verschillende dampspanning om een indicatie te krijgen van het emissieprofiel van de stof
Locaties meetapparatuur	In de ademzone (nabootsing blootstelling) (Figuur 2) en aan de bron (beoordeling óf er emissie is en of de PID-meter de stof kon meten)
Methode	Meting met een PID-meter ToxiRAE Pro, 10.6 eV sensor Meting met een PID Tiger XT (Ion Science), 10.6 eV sensor (alleen 4 juni 2024)
Soort meting	Bij de indicatieve meting zijn op de eerste meetdag piekwaarden gemeten. Op de tweede meetdag was ook een PID meter met datalog functie beschikbaar waardoor Piekdata en 'realtime metingen' zijn uitgevoerd.
Meetduur	Per handeling en stof 5 minuten



Figuur 1 Overschenken in de zuurkast tijdens de indicatieve meting op 8 april 2024



Figuur 2 Meting in de ademzone

6.6 Resultaten van de indicatieve metingen

Tijdens de handelingen is met de PID-meter gemeten bij de bron in de zuurkast (om te beoordelen of de stof te meten was), in het geopende zuurkastraam en in de ademzone van

de werker. Met nadruk moet gemeld worden dat de genoteerde waarden in Tabel 5 en 6 piekwaarden zijn, en zijn geen gemiddelden over de gehele handelingstijd.

De eerste set metingen is verricht in de zuurkast op locatie 1 (HTC 25 P645). Op deze locatie is met de meest vluchtige stof diethylether een meting gedaan van alle drie de handelingen - schoonmaken, roeren en schenken.

Tabel 5 Meting bij verschillende handelingen met diethylether (Piekwaarden in ppm)

Handeling	Zuurkast locatie 1 (HTC 25 P645)		
	Stof	Piekwaarde bron (ppm)	Piekwaarde ademzone (ppm)
Schoonmaken	Diethylether	200	16
Roeren	Diethylether	381	4
Schenken	Diethylether	832	37

Uit deze metingen (Tabel 5) bleek dat schenken van een vloeistof de hoogste blootstelling gaf. Op basis van deze bevinding zijn de indicatieve metingen vervolgd met alleen de handeling schenken.

Vervolgens zijn aanvullende metingen gedaan met de 6 stoffen op de 3 locaties. Gezien de lage concentraties op locatie 1 op de eerste meetdag is op locatie 2 slechts de handeling schenken met 4 stoffen gemeten (Tabel 6).

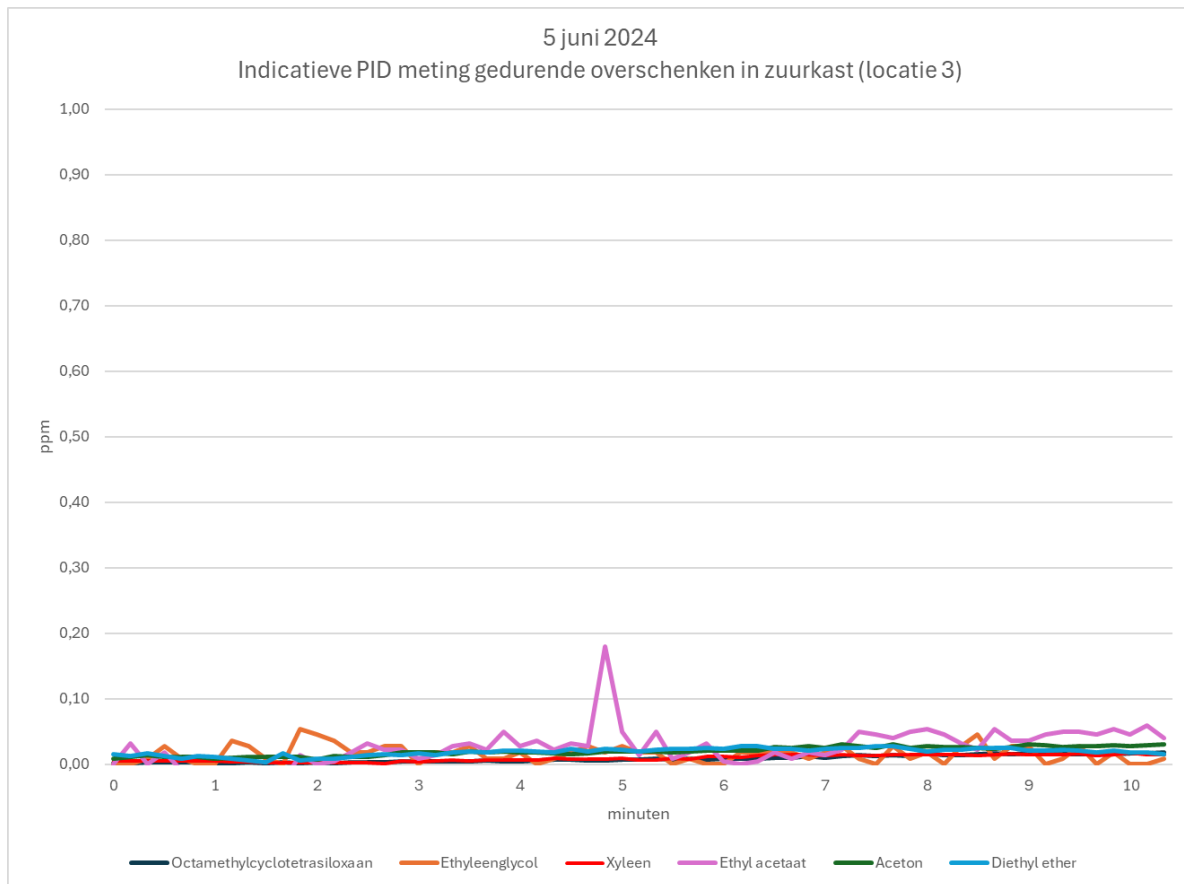
Tabel 6 Handeling B. Schenken (alle meetwaarden in ppm)

Stof	Zuurkast locatie 1 HTC 25 P645		Zuurkast locatie 2 HTC 21 PB03 ZK02		Zuurkast locatie 3 HTC 29 0768	
	Piekwaarde bron (ppm)	Piekwaarde ademzone (ppm)	Piekwaarde bron (ppm)	Piekwaarde ademzone (ppm)	Piekwaarde bron (ppm)	Piekwaarde ademzone (ppm)
Diethylether	832	37	>1999 ⁴	5	12	0.03
Aceton	1285	5	1382	0.4	5	0.04
Ethylacetaat	582	5	222	0	13	0.2
Xyleen	43	2	n.v.t.	n.v.t.	2.2	0.02
Octamethyl-cyclotetra-siloxaan	31	5	n.v.t.	n.v.t.	0.06	0.02
Ethyleen-glycol	0	1	0	0	0	0

Figuur 3 geeft het verloop van de blootstelling (in ppm) van de verschillende metingen (2^e meetdag) weer in de ademzone.⁵

⁴ Overschrijding van het meetbereik van de PID

⁵ Opmerking: ethyleenglycol is zeer viskeus. Daardoor werden het bekglas, de maatcilinder en het werkkoppervlak vervuild. In de grafiek zijn mogelijk daardoor pieken te zien.



Figuur 3 Weergave van de metingen 5 juni 2024 gemeten in de ademzone

6.7 Observaties tijdens de monsternamen en leerpunten

Verschillende observaties zijn gedaan tijdens de monsternamen in het onderzoek:

- De plaats van de zuurkast in de ruimte is van grote invloed op de werking van de zuurkast. Dit bleek ook uit de rookproeven en bij de meting van de raamsnelheid (intredesnelheid door de raamopening). Bij deze meting wordt in een raster van 15 punten de raamsnelheid gemeten. Het gemiddelde is 'de raamsnelheid'. Tijdens het meten bleek dat de gemeten waarden onderling een behoorlijke afwijking hadden. De zuurkasten die in dit onderzoek zijn gebruikt stonden zeker niet altijd op de ideale plaats. Dat maakt dat de zuurkasten mogelijk slechter werkten dan van een ideale zuurkast verondersteld mag worden.
- Het uitvoeren van een repeterende handeling tijdens de meting gedurende langere tijd is zeer belastend. De gekozen handeling, overschenken, waarbij een grote emissie van de vloeistofdamp te verwachten is, zal in de normale laboratoriumpraktijk in een korte periode uitgevoerd worden, veel korter dan de 5 (indicatieve metingen) of 10 (PAS-metingen) minuten die in dit onderzoek zijn gehanteerd. Toch is vastgehouden aan deze tijdsduur van de handelingen, om een goed worst case-beeld te krijgen van de blootstelling tijdens het werken met gevaarlijke stoffen in een laboratorium. Tijdens de indicatieve metingen is een duur van de handeling van 5 minuten aangehouden. De inschatting tijdens deze metingen is dat een handelingsduur van 10 minuten het maximale is wat uit te houden is voor de medewerkers. Deze overweging is meegenomen bij de keuze voor een handelingsduur bij de PAS-metingen.

- Tijdens het uitvoeren van de handelingen in dit onderzoek was de zuurkast in een aantal gevallen minder dan 30% gevuld. Dat geeft mogelijk een te rooskleurig beeld van het functioneren van de zuurkast ten opzichte van een gewoonlijke laboratoriumsetting.
- Het meten met een PID-meter geeft veel inzicht in de emissies en ook in de blootstelling. De meetwaarden tijdens de metingen varieerden sterk. In de tabellen zijn de piekwaarden opgenomen, niet de gemiddelden. Opmerking: De emissies van diethylether en aceton, gemeten direct bij de bron, waren dermate hoog dat de meetkop verzadigd raakte, en daardoor gedurende langere tijd niet meer op 0 kwam. Dit kan de metingen bij lagere emissies hebben verstoord (te hoge waarde dus overschatting van emissie).
- Daarom is besloten om de PAS-metingen enkel met de handeling overschenken uit te voeren, als zijnde een worst case voor alle handelingen met vloeistoffen in een zuurkast.
- Op basis van de indicatieve metingen is bepaald dat het meten van drie stoffen met uiteenlopende vluchtigheden voldoende is om een goed beeld te krijgen van de blootstelling buiten de zuurkast.

6.8 Conclusies van de indicatieve metingen

- Uit de indicatieve meetresultaten (Piek-waarden), gemeten bij de persoon, blijkt dat de blootstelling tijdens alle metingen kleiner dan 0,2 ppm was. De gemeten blootstelling is dus laag.
- Uit de metingen blijkt ook dat de handeling 'schenken' de hoogste blootstelling geeft daarom is besloten om bij de 'PAS -meting' alleen de handeling overschenken te meten. De praktijk is dus anders dan de berekeningen met ART, waaruit naar voren kwam dat de handeling schoonmaken de hoogste blootstelling zou geven.
- Uit de metingen blijkt dat de drie stoffen (diethylether, ethylacetaat, ethyleenglycol) met verschillende dampspanningen (vluchtigheden), een representatief beeld geven van de blootstelling. Dit wordt ook bevestigd met ART beoordeling, zie Bijlage 1. Daarom is besloten om bij de PAS-meting alleen bovenstaande drie stoffen te bemeten.

7. PAS-metingen

Het tweede deel van de metingen betrof de gevalideerde arbeidshygiënische PAS-metingen. Naar aanleiding van de indicatieve metingen is gekozen voor een beoordeling tijdens het werken met een drietal stoffen: diethylether, ethylacetaat en ethyleenglycol. De dampspanning van deze stoffen loopt uiteen van 12 Pa tot 59000 Pa, van nauwelijks vluchtig tot zeer vluchtig. Deze drie stoffen vormen gezamenlijk een representatief beeld van te gebruiken vluchtige stoffen in een laboratorium.

7.1 Werkplekfactoren en werkplekomstandigheden

De metingen hebben plaatsgevonden in drie laboratoria in drie verschillende gebouwen van de HTC (Tabel 7). Deze gebouwen, alsook de labs en de zuurkasten, verschillen in leeftijd, onderhoud en gebruik.

De zuurkasten zijn in gebruik bij verschillende onderdelen van TNO met verschillende verantwoordelijken en verschillende beheerregimes. Die onderdelen kunnen hierdoor beschouwd worden als verschillende bedrijven. Omdat de metingen onder gecontroleerde condities plaatsvinden in laboratoria, waarbij er geen significante verschillen zijn tussen verschillende dagen, kunnen de metingen op een dag worden uitgevoerd. Hiermee wordt voldaan aan de criteria voor het valideren van een veilige werkwijze van de NLA.

Tabel 7 Overzicht van de meetplekken

Gebouw	Ruimte	Grootte van de ruimte	Zuurkast
HTC21	PB03	>1000 m ³	ZK01 en ZK02
HTC25	P645	Ca 300 m ³	ZK03
HTC29	K266 K267	Ca 400 m ³ Ca 400 m ³	ZK01 ZK01

De PAS-metingen hebben op 28 november 2024 plaatsgevonden in zuurkasten beschreven in Tabel 8.

Tabel 8 Overzicht van de zuurkasten

Zuurkast	HTC21 PB03 ZK01	HTC25 P645 ZK05	HTC29 K267 ZK01
Fabrikant	Vinitex	Potteau	Vinitex
Bouwjaar zuurkast	2014	2017	2000
Capaciteit beoogd	600 m ³ /h	900 m ³ /h	770 m ³ /h
Capaciteit gemeten	619 m ³ /h (2022)	699 m ³ /h (2022)	639 m ³ /h (2024)
Intredesnelheid bij controle	0,31 m/s (2022)	0,35 m/s (2022)	0,25 m/s (2024)
Intredesnelheid bij dit onderzoek 28-11-2024	0,29 m/s	0,30 m/s	0,30 m/s
Raamhoogte bij meting	45 cm	45 cm	45 cm
Breedte zuurkast	120 cm	120 cm	120 cm
Vullingsgraad zuurkast	±15%	±25%	±20%
Overig	Zuurkast in grote onderzoekshal	In laboratoriumruimte. Zuurkast aan looppad.	De zuurkast staat in een cleanroom

Voorafgaand aan de metingen is een bepaling geweest van de raamsnelheid van de betreffende zuurkast. Ook is met een rookgenerator de afzuigkarakteristiek van de zuurkast bepaald.

Voor het bepalen van de raamsnelheid is de methode uit NEN-EN 14175 toegepast. Het betreft een 15-punts meting met een luchtsnelheidsmeter. Deze meting is vergelijkbaar met de metingen die bij de keuring van een zuurkast wordt toegepast.

7.2 Meetprocedure en gebruikte apparatuur PAS-metingen

De metingen zijn volgens de methode beschreven in Tabel 9.

Tabel 9 Meetplan PAS-metingen

Stoffen	Diethylether	Ethylacetaat	Ethyleenglycol
Soort meting	Personal Air Sampling	Personal Air Sampling	Personal Air Sampling
Aantal metingen	3 metingen x 3 locaties = 9	3 metingen x 3 locaties = 9	3 metingen x 3 locaties = 9
Plaatsing meetkop	Ademzone	Ademzone	Ademzone
Achtergrondmeting Op ongeveer 5 m afstand van zuurkast op ademhoogte	Bij iedere meting gelijktijdig een achtergrondmeting	Bij iedere meting gelijktijdig een achtergrondmeting	Bij iedere meting gelijktijdig een achtergrondmeting
Blanco	1 x	1 x	1 x
Meetduur	10 minuten per meting	10 minuten per meting	10 minuten per meting
Meetflow ⁶	200 ml/min	200 ml/min	2000 ml/min
Meetvolume ⁷	Gemiddeld 2 l	Gemiddeld 2 l	Gemiddeld 20 l
Methode	Actief kool meetbuis (klein SKC226-01)	Actief kool meetbuis (klein SKC226-01)	XAD-7 OVS buis (226-57)
Materialen	RPS Analyse	RPS Analyse	RPS Analyse
Analyse	RPS Analyse	RPS Analyse	RPS Analyse
Analysetechniek	GC-MS/RPS Eigen methode	GC-MS/NIOSH 1457	GC-FID/NIOSH 5523
Rapportagegrens	1 µg	1 µg	20 µg
Relatieve rapportagegrens op basis van meetduur 10 min	0,5 mg/m ³	0,5 mg/m ³	1,0 mg/m ³
Analysedatum	13-12-2024	13-12-2024	20-12-2024

Ondersteunende metingen	PID-meter (Tiger) Tenax buisjes --> screening van VOC's (niet gevalideerd)
-------------------------	---

De keuze van de meetduur is gebaseerd op de NEN-EN 689 (Tabel 10). Voor kortdurende taken is het belangrijk om de meetduur zorgvuldig te kiezen om representatieve resultaten te verkrijgen.

- Volgens de norm moet de meetduur voldoende lang zijn om de variabiliteit van de blootstelling tijdens de taak te dekken en te kunnen toetsen aan grenswaarden (aandachtspunten: detectielimiet, gewenste hoeveelheid op te vangen stof)

De NEN-EN 689 maakt onderscheid in de volgende situaties:

Tabel 10 Meetduur volgens NEN-EN 689

Type	Meetduur volgens NEN-EN 689
A. Constante factoren gedurende de gehele werkdag	Minimaal 2 uur
B. Variabele factoren	> 2 uur, liefst 8 uur

⁶ De flow tijdens de meting is gemaximeerd om te compenseren voor de korte meetduur.

⁷ Het meetvolume is de totale hoeveelheid lucht die gedurende de meettijd met de gekozen flow door de pomp is aangezogen.

C. Tijdsduur van de taken < 2 uur	Volledige duur van de taken
D. TGG-15 minuten	15 minuten

Voor dit onderzoek is keuze C uit Tabel 10 de toepasselijke keuze. Kritisch is dat bij een kortdurende handeling (10 minuten in dit onderzoek, wat gezien de handeling an sich een lange duur is) het meetvolume relatief laag is. Dit is opgelost door de flow zo hoog mogelijk te kiezen, op het maximum dat voor de bemonsteringsmethode is toegelaten.

Bij een langere meetduur, waarbij de werker ook andere handelingen – met doorgaans een lagere emissie en blootstelling – zou verrichten, wordt de mogelijk hoge waarde van de gekozen worst case handeling uitgemiddeld. Dat is een effect dat tijdens dit onderzoek niet gewenst is (want dit leidt tot een niet-traceerbare onderschatting), maar waarvan bekend is dat het in praktijk wel voorkomt: de werkers zullen nooit de gehele werkdag overgieten of schoonmaken.

7.3 Tijdschema (datum, tijd begin en einde meting)

De metingen vonden plaats op de data beschreven in Tabel 11.

Tabel 11 Meetdag PAS-metingen

Meetdag	Zuurkast	Datum	Tijd begin meting	Tijd einde meting
PAS-metingen	HTC21 HTC25 HTC29	28 november 2024	9.00u	17.00u

Op de meetdag voor de PAS-metingen is in twee ploegen gewerkt. In totaal zijn 27 meetperiodes geweest (met telkens een meting op de persoon en een achtergrondmeting) (Zie Figuur 4).



Figuur 4 PAS-meting op de persoon bij het overschenken op 28 november 2024

7.4 Resultaten van de PAS-metingen

In Tabel 12 zijn de meetresultaten van de PAS-metingen⁸ samengevat. Alle meetresultaten staan in Bijlage 3. De analyse is uitgevoerd door RPS. In de volgende tabel zijn de resultaten samengevat: alle resultaten zijn lager dan de detectiegrens van de methode. Blanco's en monsters gaven hetzelfde meetresultaat: < dan detectie limiet. Daarom is niet gecorrigeerd voor de blanco.

Tabel 12 Samenvatting Resultaten PAS-metingen

Stof	Ademzone (µg)	Ademzone (mg/m ³)	Achtergrond (µg)	Achtergrond (mg/m ³)
Diethylether	< 1,00	< 0,50	< 1,00	< 0,50
Ethylacetaat	< 1,00	< 0,50	< 1,00	< 0,50
Ethyleenglycol	< 20	< 1,00	< 20	< 1,00

Tijdens de (gevalideerde) PAS-metingen zijn ook indicatieve metingen met een PID-meter en 'actieve monsternamen met een Tenax-buisje' (lagere detectie limiet) uitgevoerd. De Tenax-buis is geanalyseerd met behulp van GC-MS. Deze methode is gekalibreerd maar niet gevalideerd (Tabel 13).

Tabel 13 Overzicht PAS-metingen en indicatieve metingen (PID en PAS i.c.m. Tenax-buisje)

Stof	PAS- RPS (gevalideerd)	PID (indicatief, piekwaarden)	Tenax (indicatief, niet gevalideerd)
Diethylether	Alle uitkomsten onder detectielimiet (Absoluut ⁹ <1,00 µg/Relatief ¹⁰ <ca 0,5 mg/m ³)	Ter plekke afgelezen max 1-2 ppm	<0,01 (loc 29) tot 0,03 (loc 25) mg/m ³
Ethylacetaat	Alle uitkomsten onder detectielimiet (Absoluut <1,00 µg/Relatief <ca 0,5 mg/m ³)	Ter plekke afgelezen max 1-2 ppm	0,04 (loc 29) tot 0,07 (loc 25) mg/m ³
Ethyleenglycol	Alle uitkomsten onder detectielimiet (Absoluut <20 µg/Relatief <ca 1 mg/m ³)	Ter plekke afgelezen max 1-2 ppm	<0,02 mg/m ³ (loc 25 en 29)

Deze waarden kunnen worden omgerekend naar dezelfde eenheid (Tabel 14).

Tabel 14 Overzicht PAS-metingen en indicatieve metingen, met dezelfde eenheid

Stof	PAS- RPS (gevalideerd) (mg/m ³)	PID (indicatief, piekwaarden) (mg/m ³)	Tenax (indicatief, niet gevalideerd) (mg/m ³)
Diethylether	< 0,50	< 6,5	0,03
Ethylacetaat	< 0,50	< 7,8	0,07
Ethyleenglycol	< 1,0	< 5,5	<0,02

De meetresultaten met de Tenax-buisje bevestigen de gevalideerde PAS metingen. De blootstelling op ademhoogte buiten de zuurkast ligt ver onder de detectielimiet van de gevalideerde meetmethode (0.07 mg/m³ → hoogst gemeten waarde bij ethylacetaat).

⁸ PAS staat voor Personal Air Sampling, de methode waarbij de werker een pompje met een meetkop in de ademzone draagt.

⁹ De absolute waarde is de hoeveelheid van de gemeten stof die bij de laboratoriumanalyse is gevonden in het monstermateriaal.

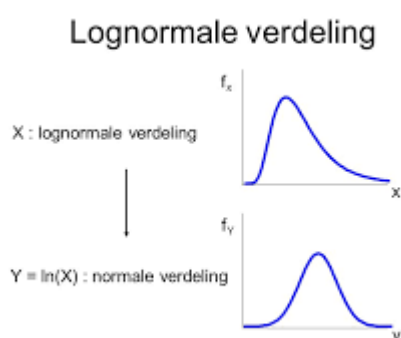
¹⁰ De relatieve waarde is de absolute waarde gedeeld door de hoeveelheid lucht die tijdens de meting is aangezogen. De relatieve waarde is dus de concentratie van de stof die de werker heeft ingeademd tijdens de meetduur.

7.5 Betrouwbaarheidsanalyse

De resultaten van alle PAS-metingen liggen lager dan de detectielimiet (Limit of Detection, LOD). Dat betekent dat het lastig is om met een getal de resultaten te duiden. En daarom is het ook lastig om een gemiddelde van de resultaten te berekenen.

Er zijn verschillende manieren gebruikelijk binnen de arbeidshygiëne om met dit vraagstuk om te gaan. Allereerst kan men gebruik maken van de detectielimiet als zijnde het resultaat van de meting. Dat is per definitie een overschatting omdat de resultaten in werkelijkheid kleiner zijn dan de LOD. Daarom kan de volgende redenering worden gevolgd:

De resultaten van metingen zijn verdeeld volgens een Lognormale verdeling (Zie Figuur 5). Dat is een gegeven.



Figuur 5 Lognormale verdeling

Ook onze resultaten zullen zo verdeeld zijn. Omdat alle resultaten lager zijn dan de LOD, zal de Lognormale curve in de grafiek links van de waarde van de LOD liggen. Dat betekent ook dat de mediaan en het gemiddelde kleiner zijn dan de LOD.

Het is in de arbeidshygiëne gebruikelijk om bij resultaten kleiner dan de LOD, een schatting van deze resultaten te gebruiken. Deze schatting is doorgaans $LOD/2$, in sommige situaties $LOD/\sqrt{2}$.

Dat leidt tot de samenvatting van de gemiddelden van de resultaten van de metingen (Tabel 15).

Tabel 15 Gemiddelde resultaten van de PAS metingen

Stof	Op basis van $LOD/2$	Op basis van $LOD/\sqrt{2}$	Op basis van LOD
Diethylether	0,25 mg/m ³	0,35 mg/m ³	0,50 mg/m ³
Ethylacetaat	0,25 mg/m ³	0,35 mg/m ³	0,50 mg/m ³
Ethyleenglycol	0,50 mg/m ³	0,71 mg/m ³	1,00 mg/m ³

Gekozen wordt voor de benadering met de $LOD/2$ als worst case benadering. Dat leidt tot de gemeten gemiddelde waarde voor de blootstelling aan diethylether van 0,25 mg/m³ (en voor ethylacetaat en ethyleenglycol een vergelijkbare waarde).

NEN-EN 689 stelt dat de benadering met een LOD/2 of LOD/v2 een te hoog gemiddelde geeft. De werkelijke waarde zou doorgaans lager zijn. Dat blijkt ook in dit onderzoek gezien de waarden die met de Tenax-buisjes zijn gemeten, die minstens een factor 10 lager liggen.

De keuze voor de waarde van LOD/2 is dus een voorzichtige keuze omdat het een overschatting van de werkelijke blootstelling is.

8. Conclusie

In dit onderzoek hebben we laten zien dat de blootstelling voor de drie stoffen 'diethylether, ethylacetaat en ethyleenglycol' en de handeling 'schenken' zeer laag is en onder de 0,5 mg/m³ ligt. Omdat deze stoffen en handeling representatief zijn voor alle vloeistoffen tot 59000 Pa en laboratoriumhandelingen zoals roeren, schoonmaken, schenken en pipetteren kunnen we op basis van de metingen die in dit onderzoek zijn uitgevoerd, en gezien de discussie over de betrouwbaarheid en de beoordeling met de grenswaarde, de volgende conclusie trekken:

Voor de handelingen binnen de scope van dit onderzoek zoals, 'roeren, schoonmaken, schenken, pipetteren, geldt:

- Bij het werken met een vluchtige vloeistof met de dampspanning <59000 Pa in de zuurkast blijkt dat de blootstelling van de werker laag is. In dit onderzoek blijkt dat de blootstelling lager is dan de detectiegrens van de gevalideerde onderzoeksmethode. Op basis van de betrouwbaarheidsanalyse is de blootstelling kleiner is dan 0,5 mg/m³.
- **Dat betekent dat het werken met vloeistoffen met een dampspanning <59000 Pa in de zuurkast veilig is (compliant met de OEL) indien de OEL > 0,5 mg/m³.**

Bijlage 1; Online hulpmiddelen blootstellingsbeoordeling

Er bestaan diverse online hulpmiddelen die gebruikt kunnen worden om de blootstelling te beoordelen. Het betreft een TIER 1 of een hoger TIER blootstellingsmodel*.

** Een TIER-1 model is een relatief eenvoudig model om de blootstelling van uw werknemers te karakteriseren en gezondheidsrisico's te beoordelen. De schatting is conservatief, dus indien goed toegepast "aan de veilige kant". Een hoger TIER model bevat een meer geavanceerde benadering om de blootstelling te karakteriseren. De uitkomst is een meer realistische schatting van de blootstelling. Een aanvullende onderbouwing kan bijvoorbeeld bestaan uit metingen volgens NEN-EN 689.*

In dit onderzoek is via schattingsmodellen Stoffenmanager en Advanced REACH Tool (ART) gekeken naar de blootstellingspotentie van handelingen in een zuurkast met vloeistoffen.

Het verschil tussen Stoffenmanager en ART ligt vooral in hun theoretische benadering, toepassingsgebied en nauwkeurigheid van blootstellingsschattingen. Beide tools worden aanbevolen door het Europese Chemicaliënagentschap (ECHA), maar ze hebben elk hun eigen sterktes en beperkingen. Stoffenmanager gebruikt een semi-kwantitatief model gebaseerd op kennisregels en empirische data. Het is eenvoudiger en sneller te gebruiken dan ART. ART is een probabilistisch model dat gebruik maakt van Bayesiaanse statistiek en uitgebreide datasets. Het biedt een meer verfijnde inschatting. Stoffenmanager neigt ertoe lage blootstellingen te overschatten en hoge blootstellingen te onderschatten. ART is nauwkeuriger dan stoffenmanager bij vloeistoffen en geeft een systematische onderschatting van blootstelling bij poeders.

Bron: A Study of the Validity of Two Exposure Assessment Tools: Stoffenmanager and the Advanced REACH Tool, Hanna E. Landberg, Anna Axmon, Håkan Westberg, Håkan Tinnerberg, Annals of Work Exposures and Health, Volume 61, Issue 5, June 2017, Pages 575–588

ART presteert voor het berekenen van werken met vloeistoffen in zuurkasten beter dan Stoffenmanager, met gemiddeld 10% meer verklaarde variantie en grotere nauwkeurigheid bij vloeistoffen. ART is toegepast voor de blootstellingsberekeningen.

1. Stoffenmanager

Met Stoffenmanager® is het mogelijk om een schatting te maken van de taakgebonden blootstelling door inademing. Ook kan de 8-uurs gemiddelde concentratie worden ingeschat. Stoffenmanager is een model tussen Tier 1 en Tier 2. De stoffenmanager-schatting is voldoende betrouwbaar en conservatief ('aan de veilige kant') wanneer als uitkomst de 90^e percentielwaarde wordt gekozen.

1.1 Factoren die de blootstelling beïnvloeden volgens Stoffenmanager

Stoffenmanager werkt met negen modifying factors (MF's) die de blootstelling beïnvloeden:

1. Activity emission potential – Hoeveel stof komt vrij door de activiteit?
2. Substance emission potential – Hoe 'emissiegevoelig' is de stof zelf?
3. Localized control – Zijn er technische beheersmaatregelen zoals afzuiging?
4. Segregation – Is de bron fysiek gescheiden van de werkplek?
5. Separation – Zit de werknemer in een cabine of afgesloten ruimte?
6. Dilution – Hoe goed is de ventilatie?
7. Worker behaviour – Hoe werkt de werknemer (afstand, houding)?
8. Surface contamination – Zijn er vervuilde oppervlakken?
9. Respiratory protective equipment (RPE) – Wordt ademhalingsbescherming gebruikt?

Elke factor krijgt een score die samen leidt tot een inschatting van de blootstelling.

1.2 Blootstellingswegingsfactoren per handeling in Stoffenmanager

Hoe hoger de blootstelling bij een bepaalde handeling, hoe groter de score die deze handeling krijgt voor de bepaling (schatting) van de blootstelling¹¹ in Stoffenmanager. In Tabel 16 zijn deze handelingen beschreven.

Tabel 16 Blootstellingswegingsfactoren per handeling in Stoffenmanager

Handeling zoals beschreven in Stoffenmanager	Score Stoffenmanager
Werken met producten in volledig gesloten verpakkingen: Transport/verplaatsen van vaten of plastic zakken.	0
Werken met een zeer kleine hoeveelheid product: Afwegen van enkele milligrammen product, zoals medicijnen in een apotheek	0,03
Werken met producten in zeer kleine hoeveelheden of waarbij vrijwel geen stof kan vrijkomen: Verplaatsen van verpakkingen waarvan de naden niet stofdicht zijn. Afwegen van enkele grammen product	0,1
Werken met producten in kleine hoeveelheden of waarbij slechts geringe hoeveelheden stof kunnen vrijkomen: Verplaatsen van verontreinigde verpakkingen. Afwegen van enkele honderden grammen product. Verplaatsen met een heftruck van cementzakken of jutezakken met product. Kneden van deeg	0,3
Werken met vloeistoffen bij lage druk en lage snelheid en op middelgrote oppervlakken: Mengen van vloeistoffen door middel van roeren. Aftappen of (over)gieten van een product, Verven van kozijnen met roller of kwast, Lijmen van grote onderdelen (schoenzolen), Ontvetten of reinigen van kleine machines/gereedschap/werkstukken/kuipen, etc. Dompelen van kleine voorwerpen in een bak/emmer met reinigingsmiddel	1

¹¹ Verbist et al - Stoffenmanager: een web-based control banding tool - Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap (2011) nr 3

Handeling zoals beschreven in Stoffenmanager	Score Stoffenmanager
Werken met vloeistoffen op grote oppervlakken of grote werkstukken: (<i>Verven van muren of schepen met roller of kwast, ontvetten van grote machines, insmeren van vloeren met lijm, reinigen van vloeren, hanteren van sterk verontreinigde werkstukken of verpakkingen, hanteren van net ondergedompelde objecten, hanteren van net geverfde objecten, mechanisch dompelen van grote werkstukken in dompelbaden, bijvoorbeeld voor reiniging</i>)	3
Werken met vloeistoffen (bij lage druk, maar met hoge snelheid) zonder dat een mist of nevel ontstaat: (<i>Product in schuimvorm op objecten aanbrengen met als doel reinigen of coating aanbrengen, met hoge snelheid mengen/mixen van producten met een mixer, (ongecontroleerd) gieten van vloeistoffen (over wat grotere hoogte, bijvoorbeeld bij het overstorten van productiestromen), gebruik van metaalbewerkingsvloeistoffen of smeermiddelen tijdens snij, slijp- of boorwerkzaamheden</i>)	3
Werken met vloeistoffen bij hoge druk waarbij zichtbaar een mist of nevel ontstaat: (<i>Spuiten van producten (bijvoorbeeld met een hogedrukspuit of bij verfspuiten), vernevelen van een product waarbij zichtbaar mist ontstaat, het openen van een productielijn voor het nemen van monsters, of het open van een gesloten reinigungsapparaat op de objecten eruit te halen, openen van een afgesloten systeem waarin het product zich onder hitte of druk bevindt, activiteiten bij de behandlingsbaden (hoge procestemperatuur, kokende vloeistoff)</i>)	10

Belangrijkste bevinding: handelingen als schoonmaken, roeren en schenken hebben (een gelijke) score 1 in Stoffenmanager.

1.3 Voorspelling van de blootstelling met Stoffenmanager

De blootstellingscore wordt berekend met de volgende formule:

$$Ct = (E \times a) + E \times H \times h_{lc} \times h_{gv_nf} + E \times H \times h_{lc} \times h_{gv_ff} \times h_{imm}$$

Waarbij:

- Ct = Stoffenmanager score
- E = intrinsieke emissie van het product (voor vloeistoffen: $(P_i/30.000) \times F_i$)
- a = potentieel van diffuus bronnen (achtergrond)
- H = type handeling (bijv. scheppen, spuiten)
- h_{lc} = effectiviteit van lokale beheersmaatregelen
- h_{gv_nf} = effect van algemene ventilatie in combinatie met ruimtegrootte (near field)
- h_{gv_ff} = effect van algemene ventilatie in combinatie met ruimtegrootte (far field)
- h_{imm} = mate van scheiding tussen bron en werknemer

De semi-kwantitatieve score Ct wordt omgezet naar een geometrisch gemiddelde blootstelling (\hat{Y}) met behulp van een regressiemodel:

$$\hat{Y} = e^{(b_0 + b_1 \times \ln(Ct))}$$

Waarbij:

- \hat{Y} = voorspelde blootstelling (in mg/m^3)
- b_0 = intercept van het regressiemodel
- b_1 = helling van de regressielijn
- Ct = Stoffenmanager score

2. Advanced REACH Tool

Na het uitvoeren van een eerste beoordeling van de blootstellingswegingsfactoren per handeling in Stoffenmanager, waarbij representatieve worst-case handelingen zijn geselecteerd, is daarnaast met de Advanced REACH Tool (ART) een verdiepende en kwantitatieve benadering van inhalatieblootstelling op de werkplek toegepast.

ART combineert:

- Een mechanistisch model dat blootstelling voorspelt op basis van scenario-informatie.
- Een Bayesiaans statistisch model dat deze voorspellingen verfijnt met meetgegevens uit een ingebouwde database of eigen data van de gebruiker

Met ART kan niet alleen de taakgebonden concentratie worden geschat, maar ook de 8-uurs gemiddelde concentratie. ART is een Tier 2-model en is ontwikkeld door TNO in samenwerking met IRAS, BAUA (Duitsland), NFA/NRCWE (Denemarken), IOM en HSL (Verenigd Koninkrijk).

De ART-schatting is voldoende betrouwbaar en conservatief ('aan de veilige kant') als voor de berekening het 75^e percentiel – bovengrens interkwartiel betrouwbaarheidsinterval wordt gekozen (bron: I-SZW Online hulpmiddelen om de blootstelling te berekenen, Oktober 2017).

2.1 Overzicht van de factoren in de blootstellingsberekening in ART

Advanced REACH Tool werkt met de modifying factors (MF's) in de volgende tabel voor beoordeling van blootstelling.

Tabel 17: Overzicht van de factoren in de blootstellingsberekening in ART

Factor	Volledige naam	Beschrijving	Voorbeelden
H	Activity Emission Potential	Zie tabel in paragraaf 9.2.2	Type handeling: bijv. mengen, vullen, spuiten, gieten, schoonmaken.
AF	Activiteitsfactor	Duur, frequentie, schaal van de activiteit	
E	Emissiepotentieel van de stof	Intrinsiek vermogen van een stof om in de lucht te komen. Voor dampen is het emissiepotentieel gebaseerd op de dampspanning van de stof (in Pa), zoals weergegeven in deze vergelijking: $E_i = \frac{P_i}{30,000}$ Waarbij E_i de intrinsieke emissiefactor is; en p_i de dampdruk in Pa is. Deze formule is identiek aan de formule in stoffenmanager. (Marquart et al, 2007).	Vloeistoffen (afhankelijk van dampdruk en aerosolvorming) <ul style="list-style-type: none"> • Vloeistof met hoge dampdruk: tot 1,0 • Vloeistof met lage dampdruk: 0,0003–0,1
NF	Near Field (NF): de directe omgeving rond de emissiebron, meestal binnen 1 meter van de bron.	De verdeling in concentratieberekening tussen NF en FF wordt beïnvloed door:	-
FF			

Factor	Volledige naam	Beschrijving	Voorbeelden
	Far Field (FF): de rest van de ruimte, waar de stof zich verder verspreidt.	<ul style="list-style-type: none"> • Bronlocatie: Is de bron dichtbij of ver van de ademzone? • Ventilatie en luchtstroming: Hoe snel mengen NF en FF? • Activiteitstype: Sommige handelingen (zoals spuiten) genereren meer NF-concentratie. • Beheersmaatregelen: Lokale afzuiging kan NF-concentratie sterk verlagen. 	
LC	Lokale beheersmaatregelen	Effectiviteit van technische maatregelen dicht bij de bron.	Voorbeelden van maatregelen en waarden: <ul style="list-style-type: none"> • Geen beheersmaatregel: 1,0 • Glovebox (hoogwaardig): 0,0001 • Vaste puntafzuiging 0,1 • Mobiele puntafzuiging 0,5 • Afzuiging op gereedschappen 0,1 • Zuurkast 0,01 • Laminaire flowkast 0,1
GV	Algemene ventilatie	Luchtverversing in de ruimte	Voorbeelden van waarden: Verversingsvoud van 3: Ruimtevolume 30 m ³ : 6,1 Ruimtevolume 300 m ³ : 0,6 Ruimtevolume 3000 m ³ : 0,1
RPE	Ademhalingsbeschermingsmiddelen	Vermindering van blootstelling door persoonlijke beschermingsmiddelen	Voorbeelden van beschermingsmiddelen en waarden: <ul style="list-style-type: none"> • Geen RPE: 1,0 • FFP2 masker: 0,1 • Volgelaatsmasker met P3-filter: 0,025
P	Gedrag van de werknemer	Invloed van houding, afstand en werkpraktijken op blootstelling in de nabijheid	Typische waarden: <ul style="list-style-type: none"> • Standaard gedrag: 1,0 • Dicht bij de bron: 3,0 • Ver van de bron: 0,3

Bron: TNO report V9009, Development of a mechanistic model for the Advanced REACH Tool (ART), januari 2013

De blootstelling in ART wordt als volgt berekend:

Voor een bron in de nabijheid:

$$\text{Blootstelling} = E \times H \times LC \times P \times D \times RPE$$

Voor een bron op afstand:

$$\text{Blootstelling} = E \times H \times LC \times \text{Seg} \times D \times P \times RPE$$

Waarbij:

- E = Emissiepotentieel van de stof
- H = Activiteitsemissiepotentieel
- LC = Reductiepotentieel van lokale beheersmaatregelen
- Seg = Scheiding (bijv. aparte ruimte)
- D = Verdunningsfactor
- P = Invloed van het gedrag van de werknemer
- RPE = Reductiepotentieel door adembescherming. RPE wordt toegepast op het eindresultaat

Elke factor wordt afgeleid uit mechanistische aannames en empirische gegevens. De ART-score is een dimensieloos getal dat een relatieve blootstellingsrangorde geeft. Deze score wordt vervolgens gekalibreerd naar een geometrisch gemiddelde (GM) blootstellingsniveau in mg/m^3 .

De blootstelling wordt als volgt verder berekend:

$$\text{Exposure} = a \times \text{ARTscore} \times e^{\epsilon}$$

waarbij:

- a = intercept (schaalfactor)
- ϵ = lognormale foutterm

De log-getransformeerde versie wordt gebruikt in een lineair mixed-effects model:

$$\ln(Y_{ijk}) = \ln(a) + \ln(\text{ARTscore}) + d_i + c_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

waarbij:

- d_i : random effect per scenario
- c_{ij} : random effect per bedrijf
- ϵ_{ijk} : residuele variatie

Bron: Advanced REACH Tool (ART): Calibration of the mechanistic model" gepubliceerd in "Journal of Environmental Monitoring" d.d. februari 2011

Toelichting

Factoren die verder de blootstelling beïnvloeden zijn:

- Hoge dampdruk = hogere verdamping = meer blootstelling.
- Gesloten systemen (zoals pompen of leidingen) verlagen de emissiepotentie.
- Effectieve afzuiging kan de blootstelling aanzienlijk reduceren.
- Gebruik van ademhalingsbescherming verlaagt de effectieve blootstelling.
- Zorgvuldig werken, langzaam gieten, vermijden van spatten helpt.

2.2 Blootstellingswegingsfactoren per handeling in ART

Hoe hoger de blootstelling bij een handeling, hoe groter de score die deze handeling krijgt voor de bepaling van de blootstelling¹² in Advanced REACH Tool.

Er zijn drie handelingen gedefinieerd om nader te onderzoeken: handmatig mengen, handmatig schoonmaken en handmatig schenken. In de tabel is te lezen dat alle handelingen dezelfde “vapour exposure weight” van 0,001 en een “aerosol exposure rate” van 0,003 hebben (uitgaande van schenken t/m 10l/min)¹³.

Gekozen is, op basis van indicatieve metingen om door te gaan met schenken omdat deze de hoogste emissie gaf.

In onderstaande tabel zijn de handelingen met bijbehorende exposure weights beschreven waarbij de drie gekozen handelingen zijnde roeren, schoonmaken en schenken zijn vetgedrukt.

Tabel 18: Blootstellingswegingsfactoren per activiteitsklasse in Advanced REACH Tool

Activiteitsklasse	Subcategorie/Modificatie	“Aerosol exposure weights “	“Vapour exposure weights “
Spraytoepassing van vloeistoffen	Hoge snelheid (>3 l/min)	3	3
	Gemiddelde snelheid (0,3–3 l/min)	1	1
	Lage snelheid (0,03–0,3 l/min)	0,3	0,3
	Zeer lage snelheid (<0,03 l/min)	0,1	0,1
	Richting: Alle richtingen	3	3
	Richting: Horizontaal/naar beneden	1	1
	Richting: Alleen naar beneden	0,3	0,3
	Techniek: Hoge luchtdruk	3	3
	Techniek: Lage/geen luchtdruk	1	1
Sprayen van vloeistoffen in een ruimte	Grootschalig	10	10
	Kleinschalig	1	1
Open vloeistofoppervlakken (onverstoord)	>3 m ²	0,3	0,001
	1–3 m ²	0,1	0,001
	0,3–1 m ²	0,03	0,001
	0,1–0,3 m ²	0,01	0,001
	<0,1 m ²	0,003	0,001
Handmatig mengen, opslag van labsamples (zie genoemde voorbeelden in ART onder onverstoorde vloeistofoppervlaktes; manual stirring of paint)	>3 m ²	1	0,3
	1–3 m ²	0,3	0,1
	0,3–1 m ²	0,1	0,03
	0,1–0,3 m ²	0,03	0,01
	<0,1 m ²	0,01	0,003
Geagiteerde vloeistofoppervlakken	>3 m ²	1	0,3
	1–3 m ²	0,3	0,1
	0,3–1 m ²	0,1	0,03
	0,1–0,3 m ²	0,03	0,01
	<0,1 m ²	0,01	0,003
Mechanisch mengen van zeer kleine hoeveelheden in een laboratorium (zie genoemde voorbeelden in ART onder verstoorde vloeistofoppervlaktes; Mechanical mixing / blending of paint en shaking liquids)	>3 m ²	1	0,3
	1–3 m ²	0,3	0,1
	0,3–1 m ²	0,1	0,03
	0,1–0,3 m ²	0,03	0,01
	<0,1 m ²	0,01	0,003

¹² Verbist et al - Stoffenmanager: een web-based control banding tool - Tijdschrift voor toegepaste Arbeidwetenschap (2011) nr 3

¹³ In de tabel wordt er gebruik gemaakt van twee verschillende weegfactoren voor emissie: “Aerosol weight”; fractie van emissie die als deeltjes wordt beschouwd en “Vapour weight”: fractie die als damp wordt beschouwd. De emissie weighting factors voor aerosol en vapour worden niet opgeteld tot één totaal, maar apart beoordeeld. Dit komt omdat ze twee verschillende emissieroutes vertegenwoordigen. Deze componenten worden parallel verwerkt in het blootstellingsmodel. Uiteindelijk worden de bijdragen aan inhalatieblootstelling opgeteld om tot een totale blootstellingswaarde te komen, maar de weighting factors zelf blijven gescheiden (Total Exposure = Aerosol Component + Vapour Component). De som van “aerosol weight” en “vapour weight” is niet gelijk aan 1, het zijn verhoudingsfactoren per emissieroute, niet een verdelingsleutel die optelt tot 100%.

Activiteitsklasse	Subcategorie/Modificatie	"Aerosol exposure weights "	"Vapour exposure weights "
Behandeling van besmette objecten	Oppervlak >3 m ²	0,3	0,001
	Oppervlak 1–3 m ²	0,1	0,001
	Oppervlak 0,3–1 m ²	0,03	0,001
	Oppervlak 0,1–0,3 m ²	0,01	0,001
	Oppervlak <0,1 m ²	0,003	0,001
	Besmetting >90%	1	1
	Besmetting 10–90%	0,3	0,3
	Besmetting <10%	0,1	0,1
Verspreiden van vloeistoffen (Ontvetten of reinigen van kleine voorwerpen)	>3 m ² /uur	0,3	0,1
	1–3 m ² /uur	0,1	0,1
	0,3–1 m ² /uur	0,03	0,1
	0,1–0,3 m ² /uur	0,01	0,01
	<0,1 m ² /uur	0,003	0,001
Schoonmaken			
Vloeistofprocessen met hoge snelheid	Grootschalig	3	3
	Kleinschalig	1	1
Overdracht van vloeistoffen (Gieten/vullen van verpakkingen)	>1000 l/min	0,1	0,001
	100–1000 l/min	0,03	0,001
	10–100 l/min	0,01	0,001
	1–10 l/min	0,003	0,001
	0,1–1 l/min	0,001	0,001
	<0,1 l/min	0,001	0,001
	Vulling met spatgevaar	3	3
	Bodemvulling	1	1
Schenken			

Bron: TNO report V9009, Development of a mechanistic model for the Advanced REACH Tool (ART), januari 2013

2.3 Voorspelling van de blootstelling met ART

Met ART zijn ook blootstellingsinschattingen gemaakt. Voor het inschatten van blootstelling, in dit geval werken met vloeistoffen in zuurkasten, is informatie over activiteiten, producttypes, emissiepotentieel, beheersmaatregelen, ventilatie e.d. ingevoerd. Het mechanistisch model heeft vervolgens de blootstelling bepaald op basis van ingevoerde determinanten¹⁴. De output is een volledige blootstelling over een dagdienst. Daarnaast zijn percentielen en onzekerheids-intervallen weergegeven.

Met behulp van ART zijn blootstellingsberekeningen gemaakt voor het werken met vloeistoffen in zuurkasten, met als uitgangsstof diethylether (worst case: meest vluchtige stof).

Tabel 19: ART-berekening per activiteitklasse voor vloeistoffen

Activiteitklasse	Situatie	Voorspelde blootstelling aan het 75 ^e percentiel tijdens volledige dienst	Interkwartiel betrouwbaarheidsinterval
Mengen/roeren (handmatig) Activiteiten met relatief ongestoorde oppervlakken	Open oppervlak <0,1 m ²	2,9 mg/m ³	1,5 -5.7 mg/m ³
	Open oppervlak 0,1–0,3 m ²	9,6 mg/m ³	4,8-19 mg/m ³
	Open oppervlak 0,3-1 m ²	29 mg/m ³	15-57 mg/m ³
Overschenken: Verplaatsen van vloeibare producten	Gieten/vullen van flessen 0,1-1 l/minute	2,9 mg/m ³	1,5–5,7 mg/m ³
	Open proces, "Splash loading" 1–10 l/min	8,6 mg/m ³	4,4–17 mg/m ³

¹⁴ Er is een Bayesiaanse module waarin de gebruiker meetdata kan uploaden om voorspellingen te verfijnen; deze is niet toegepast.

Activiteitklasse	Situatie	Voorspelde blootstelling aan het 75 ^e percentiel tijdens volledige dienst	Interkwartiel betrouwbaarheidsinterval
Activiteiten met geagiteerde oppervlakken	Open oppervlak <0,1 m ²	9,6 mg/m ³	4,9-19 mg/m ³
	Open oppervlak 0,1-0,3 m ²	28 mg/m ³	15-57 mg/m ³
Werken met besmette voorwerpen	Activiteiten met behandelde/besmette voorwerpen (oppervlakte 0,3-1 m ²) Vervuiling 10-90% van het oppervlak	8,6 mg/m ³	4,4-17 mg/m ³
Schoonmaken: Verspreiding van vloeibare producten	Verspreiden van vloeistoffen op oppervlakken of werkstukken 0,1-0,3 m ² /uur Schoonmaken	9,6 mg/m ³	4,8-19 mg/m ³
Verspreiding van vloeibare producten	Verspreiden van vloeistoffen op oppervlakken of werkstukken 0,3-1,0 m ² /uur Ontvetten of schoonmaken kleine machines/gereedschappen	28 mg/m ³	14-56 mg/m ³
Oppervlaktespuiten van vloeistoffen	Zeer lage dosering (<0,03 l/minuut) In elke richting (ook naar boven) Spuiten met geen of weinig persluchtgebruik	290 mg/m ³	140-560 mg/m ³
Toepassing van vloeistoffen in processen met hoge snelheid (bijv. roterende gereedschappen)	Kleinschalige activiteiten met hogesnelheidsbewegingen Maatregel die het contact tussen het product en de aangrenzende lucht vermindert.	290 mg/m ³	150-570 mg/m ³

Invoergegevens ART

ART versie	1.5
Stof	Diethylether, CAS-nr. 60-29-7
Aantal activiteiten	1
Totale duur (min)	480 min
Niet-blootstellingsperiode (min)	240 min
Emissiebronnen:	Near field
Dampspanning	56130 Pa
Vloeibare molfractie	Zuivere vloeistof
Activiteitscoëfficiënt	1
Procestemperatuur	Kamertemperatuur
Productsoort	Vloeistoffen
Grootte van de ruimte	Werkkamer van elke grootte
Werkgebied	Binnen
Ventilatiesnelheid:	3 luchtverversingen per uur (ACH)
Voorziening	Zuurkast (99,00% reductie)
Secundair	Geen gelocaliseerde bedieningselementen (0,00% reductie)
Proces volledig ingesloten?	Nee
Effectieve huishouding praktijken op hun plaats?	Ja

Uit de ART-berekeningen is af te leiden dat de blootstellingsweging voor schenken en mengen/roeren/schoonmaken ongeveer hetzelfde is. Schoonmaken geeft de hoogste blootstelling.

3. Gekozen handelingen voor de indicatieve metingen

De handelingen schoonmaken, roeren en schenken zijn in dit onderzoek gekozen als representatieve worst-case handelingen voor laboratoriumwerk met vloeistoffen in zuurkasten. Deze keuze is gebaseerd op hun hoge emissiepotentie zoals vastgesteld in modellen als Stoffenmanager en ART.

Tabel 20: Vergelijking van blootstellingspotentie:

Handeling	Score Stoffenmanager	Score ART (damp)	ART-blootstelling (mg/m ³)	Opmerkingen
Schenken	1	0,001	2,9–8,6	Hoogste piekwaarden in ademzone gemeten
Roeren	1	0,001	2,9–29	Afhankelijk van oppervlak en agitatie
Schoonmaken	1	0,001	9,6–28	Hoogste voorspelde blootstelling in ART
Mechanisch mengen (grote schaal)	3	≥0,01	28–290	Buiten scope van dit onderzoek
Spuiten	10	≥0,1	290	Buiten scope van dit onderzoek

Belangrijkste bevindingen:

- ART is het meest betrouwbaar voor het uitvoeren van een blootstellingsschatting voor werkzaamheden met vloeistoffen in zuurkasten.
- Alle drie handelingen hebben in Stoffenmanager een blootstellingswegingscore van 1 en in ART een score van 0,001 (damp), wat duidt op een middelmatige en vergelijkbare emissiepotentie. Schoonmaken geeft in het ART-model de hoogste voorspelde blootstelling van de drie handelingen.
- Handelingen met hogere scores (stoffenmanager ≥ 1 en ART $\geq 0,001$, damp) zoals spuiten of grootschalig mengen zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Deze hebben aantoonbaar hogere blootstellingspotentie en dienen separaat beoordeeld te worden.
- Handelingen met lagere scores (stoffenmanager ≤ 1 en ART $\geq 0,001$, damp) vallen onder de veilige werkwijze.

De handelingen **schoonmaken, roeren en schenken** vormen samen een representatieve worst-case selectie voor laboratoriumwerk met vloeistoffen.

Binnen de context van werken in een zuurkast met stoffen tot een dampspanning van 59000 Pa, blijkt uit modelberekeningen dat de blootstelling laag is en ruim onder de grenswaarden ligt. Deze handelingen zijn daarmee geschikt als basis voor het uitvoeren van metingen en het opstellen van een veilige werkwijze.

Bijlage 2; Beschrijving van de handelingen in dit onderzoek

Tabel 21 Handelingen, benodigdheden en stappen

Handeling	Materialen	Stappen
A. Schoonmaken	<ul style="list-style-type: none">▪ 1x voorraadfles met testvloeistof (2 liter)▪ Spuitflacon van 500 ml (per stof nieuwe flacon)▪ Chemicaliënbestendige handschoenen (check welke soorten)▪ RVS/glazen-plaat/bak, met lage rand (13,5x20,5 cm)▪ Tork-rol▪ Afvalvatje voor in zuurkast, met deksel	<ol style="list-style-type: none">1. Doe chemicaliënbestendige handschoenen aan2. Leg de RVS plaat/bak klaar in de zuurkast3. Spuit met de spuitflacon in drie keer de vloeistof op het oppervlak4. Neem een stuk tissuepapier en veeg de vloeistof over het gehele oppervlak gedurende 5 min5. Gooi de tissue weg in de afvalbak in de zuurkast, leg het deksel er hierna weer op6. Herhaal daarna de handelingen 3 en 4 nog viermaal <p>(Indicatieve meting totaal 5 min)</p>
B. Roeren	<ul style="list-style-type: none">▪ Voorraadfles testvloeistof (1 liter)▪ 1x bekeerglas laag model (250 ml) (diameter: 65 mm)▪ Magneetroerder▪ Roervlo (30 mm lang)	<ol style="list-style-type: none">1. Vul het bekeerglas (250 ml) met 125 ml vloeistof vanuit de voorraadfles2. Doe de roervlo in het bekeerglas3. Zet het op de magneetroerder op 400 rpm4. Laat roeren gedurende 5 min5. Medewerker staat gedurende meting voor zuurkast <p>(Indicatieve meting totaal 5 min)</p>
C. Schenken	<ul style="list-style-type: none">▪ Voorraadfles testvloeistof (2 liter)▪ 1x glazen bekeerglas laag model (600 ml) (diameter: 90 mm)▪ 1x glazen maatcilinder (500 ml) (diameter 53 mm)	<ol style="list-style-type: none">1. Giet vloeistof (250 ml) in de maatcilinder vanuit de fles2. Giet de vloeistof over in het bekeerglas3. Giet de vloeistof vanuit het bekeerglas in de maatcilinder (giet hierbij steeds vanuit dezelfde hand, dus pak het schenken over)4. Herhaal het overschenken van maatcilinder-bekeerglas-maatcilinder <p>(Indicatieve meting totaal 5min PAS-meting totaal 10 min)</p>

Bijlage 3; Analyseresultaten van de PAS-metingen

In de volgende tabel staan alle analyseresultaten van de PAS-metingen.

Tabel 22 Resultaten van de PAS-metingen

Stof	Gebouw	Code	Ademzone (µg)	Ademzone (mg/m ³)	Code	Achtergrond (µg)	Achtergrond (mg/m ³)
Diethylether	21	DE-Z-21-1	< 1,00	<0,503	DE-O-21-1	< 1,00	<0,503
	21	DE-Z-21-2	< 1,00	<0,503	DE-O-21-2	< 1,00	<0,503
	21	DE-Z-21-3	< 1,00	<0,500	DE-O-21-3	< 1,00	<0,503
	25	DE-Z-25-1	< 1,00	<0,490	DE-O-25-1	< 1,00	<0,488
	25	DE-Z-25-2	< 1,00	<0,490	DE-O-25-2	< 1,00	<0,488
	25	DE-Z-25-3	< 1,00	<0,490	DE-O-25-3	< 1,00	<0,488
	29	DE-Z-29-1	< 1,00	<0,480	DE-O-29-1	< 1,00	<0,478
	29	DE-Z-29-2	< 1,00	<0,500	DE-O-29-2	< 1,00	<0,499
	29	DE-Z-29-3	< 1,00	<0,504	DE-O-29-3	< 1,00	<0,503
		Blanco	< 1,00				
Ethylacetaat	21	EA-Z-21-1	< 1,00	<0,504	EA-O-21-1	< 1,00	<0,503
	21	EA-Z-21-2	< 1,00	<0,504	EA-O-21-2	< 1,00	<0,503
	21	EA-Z-21-3	< 1,00	<0,503	EA-O-21-3	< 1,00	<0,503
	25	EA-Z-25-1	< 1,00	<0,490	EA-O-25-1	< 1,00	<0,488
	25	EA-Z-25-2	< 1,00	<0,490	EA-O-25-2	< 1,00	<0,488
	25	EA-Z-25-3	< 1,00	<0,490	EA-O-25-3	< 1,00	<0,488
	29	EA-Z-29-1	< 1,00	<0,501	EA-O-29-1	< 1,00	<0,499
	29	EA-Z-29-2	< 1,00	<0,498	EA-O-29-2	< 1,00	<0,495
	29	EA-Z-29-3	< 1,00	<0,500	EA-O-29-3	< 1,00	<0,498
		Blanco	< 1,00				
Ethyleen-glycol	21	EG-Z-21-1	< 20	<1,010	EG-O-21-1	< 20	<1,000
	21	EG-Z-21-2	< 20	<1,010	EG-O-21-2	< 20	<1,010
	21	EG-Z-21-3	< 20	<1,010	EG-O-21-3	< 20	<1,010
	25	EG-Z-25-1	< 20	<0,983	EG-O-25-1	< 20	<0,987
	25	EG-Z-25-2	< 20	<0,983	EG-O-25-2	< 20	<0,987
	25	EG-Z-25-3	< 20	<0,983	EG-O-25-3	< 20	<0,987
	29	EG-Z-29-1	< 20	<0,999	EG-O-29-1	< 20	<1,000
	29	EG-Z-29-2	< 20	<1,000	EG-O-29-2	< 20	<1,000
	29	EG-Z-29-3	< 20	<0,993	EG-O-29-3	< 20	<1,000
		Blanco	< 20				

Bijlage 4; Kwaliteitscriteria validatie blootstellingsmetingen

Onderstaande informatie komt uit Wegwijzer Gevaarlijke Stoffen van TNO (2019). Dit is gebruikt als interne leidraad voor het opstellen van de veilige werkwijze.

CONTEXTUELE INFORMATIE

Het verzamelen van contextuele informatie is cruciaal om het blootstellingsscenario volledig te kunnen beschrijven. Onderstaande tabel is gebaseerd op het werk van Tielemans et al. (2002) en laat zien welke contextuele informatie beschikbaar moet zijn. Op basis van deze tabel kunnen blootstellingsmetingen geclassificeerd worden als 'goed', 'gemiddeld' of 'slecht'. Een meetstudie valt onder 'goed' wanneer alle informatie onder 'core information' benoemd is in de studie. Wanneer een parameter ontbreekt, is de kwaliteit automatisch gemiddeld. Wanneer een van de parameters onder de kolom 'Moderate' ook ontbreekt, wordt de studie als 'slecht' gekwalificeerd. Studies van zowel goede als gemiddelde kwaliteit kunnen worden gebruikt voor het valideren van de veilige werkwijze, wanneer de metingen ook aan de andere criteria voldoen (meer informatie: Tielemans E, Marquart H, de Cock J, e.a. (2002) A proposal for evaluation of exposure data Ann Occup Hyg 46 287-97).

EVALUATIE RICHTLIJNEN VOOR BEPALING VAN DE COMPLEETHEID VAN ARBEIDSHYGIËNISCHE INFORMATIE

INFORMATIE		GOEDE KWALITEIT	GEMIDDELDE KWALITEIT	SLECHTE KWALITEIT
Bedrijf	Bedrijfsnaam	◆		
	Adres	◆		
	Economische activiteit	◆	◆	
	Bedrijfsomvang	◆	◆	
Werkplek	Afdeling	◆		
	Werkomgeving	◆		
	Procesnaam	◆	◆	
Werknemer activiteit	Beroep	◆	◆	◆ ^a
	Activiteit	◆	◆	◆ ^a
Product	Product ID	◆		
Chemische component Blootstellings-determinanten	Chemische stof naam	◆	◆	◆
	Blootstellingspatroon	◆		
	Beheersmaatregelen	◆	◆	
	Gebruik van PBM	◆		
Meetstrategie	Omgeving	◆		
	Random/worst case/etc.	◆	◆	
Meetprocedure	Meetdatum	◆	◆	tenminste jaartal
	Meet ID	◆		
	Meetinstrument	◆	◆	
	Type meting	persoonlijk ^b	persoonlijk	persoonlijk
	Meettijden	◆		
	Meetduur	◆	categorieën ^c	categorieën
	Blootstellingsduur	◆		
	Analysemethoden	◆	◆	
Resultaten	Gemeten concentratie	◆	◆ ^d	◆ ^e
	Gemeten eenheden	◆	◆	◆
	Meetstatus	◆	◆	◆

a: informatie over de activiteit of over het beroep is beschikbaar

b: Stationaire metingen zouden alleen moeten worden verzameld in geval een werkplek met homogene blootstellingsprofielen (d.w.z. geen lokale blootstellingsbron), of als de relatie tussen de bron, werknemer mobiliteit en plaatsing van de stationaire meting is beschreven.

c: Onderscheid tussen korte termijn (15 min) en shift metingen moet mogelijk zijn

d: Tenminste het aantal metingen, een gemiddelde waarde, variabiliteit en range

e: Tenminste het aantal metingen en een gemiddelde waarde of de range

VARIABILITEIT EN PRECISIE

Blootstelling op de werkvloer kan sterk variëren, tussen personen, tijd en verschillende bedrijven, zelfs wanneer dezelfde stof en activiteit bemeten wordt. Daarom moet de variabiliteit in blootstellingen in acht genomen worden wanneer u uw veilige werkwijze valideert. Over het algemeen worden blootstellingsniveaus het beste beschreven door een lognormale distributie. Een lognormale distributie wordt gekarakteriseerd door gebruik van een geometrisch gemiddelde (GM) en een geometrische standaardafwijking (GSD). Een lognormale distributie kan worden aangenomen voor perioden waar geen grote veranderingen op de werkplaats plaats vinden die de algemene blootstelling kan veranderen (zoals een verandering in het werkproces, de hoeveelheid gevaarlijke stoffen waarmee gewerkt wordt, of het veranderen van de bronmaatregelen). Wanneer blootstelling in korte tijdsintervallen gemeten wordt, is het mogelijk dat niet alle variatie meegenomen wordt in de metingen (zoals bijvoorbeeld seizoensvariatie). Dit kan ervoor zorgen dat de metingen onderling sterk correleren (ook autocorrelatie genoemd). Om dit te vermijden, is het belangrijk om willekeurige metingen te nemen over verschillende periodes in de tijd. Dit wordt aangeraden, omdat autocorrelatie voor een onderschatting van de daadwerkelijke blootstelling kan zorgen. Verder, wanneer blootstellingsmetingen geanalyseerd worden, is het belangrijk dat de metingen over een homogene groep genomen zijn. Dit betekent dat medewerkers die bemeten worden dezelfde functie, taken en proces configuratie dienen te hebben (die de veilige werkwijze ondervangt).

VALIDITEIT

Validiteit kan gedefinieerd worden door 'interne validiteit' en 'externe validiteit'. De interne validiteit refereert aan of de metingen de gemeten situatie reflecteren, en de externe validiteit refereert aan of de metingen de beoogde situatie reflecteren (in dit geval de veilige werkwijze). Voor de interne validiteit moeten de gevolgde meetstrategie, hoe autocorrelatie en systematische meetfouten gehanteerd worden in acht genomen worden. Wanneer u een meetstrategie voorbereidt, moet u ervoor zorgen dat de vergelijkbaarheid van de metingen en het daadwerkelijke blootstellingsscenario (voor welke een veilige werkwijze ontwikkeld is) gedefinieerd zijn voor de stoffen waarmee gewerkt wordt, de bijbehorende blootstellingssituatie en de tijdlijn wanneer de metingen gedaan worden.