

Toetsing van schattingen uitgevoerd met EASE aan metingen van chemische stoffen op de werkplek

J.G.M. van Rooij (Joost)¹ en F.J. Jongeneelen (Frans)

Samenvatting

Bij een groep arbodeskundigen is onderzocht hoe goed het expert systeem *EASE* de concentratie van gevaarlijke stoffen in de werkkatmosfeer schat. *EASE* staat voor *Estimation and Assessment of Substance Exposure* en is ontwikkeld door de Health and Safety Executive in het Verenigd Koninkrijk. De arbodeskundigen hebben voor 61 werkplekken, waarin ze zelf ook metingen hebben verricht, een schatting uitgevoerd met het expert systeem *EASE*. In 60 procent van de getoetste werkplekken kwam de *EASE*-schatting goed overeen met de gemeten concentratie gevaarlijke stoffen. In 40 procent van de gevallen was er sprake van een overschatting. Onderschattingen hebben zich niet voorgedaan. Het expert systeem *EASE* blijkt een waardevol instrument voor de initiële beoordeling van gevaarlijke stoffen op de werkplek. Het kan echte risicosituaties onderscheiden van veilige werkplekken en daarmee de inzet van metingen optimaliseren.

Trefwoorden: blootstellingschatting, expert systeem, *EASE*

Inleiding

Met het expert systeem *EASE* kan de concentratie van chemische stoffen in de werkatmosfeer en huidblootstelling worden geschat. Een expert systeem is een beslisboom waarbij op basis van kenmerken van een situatie, gebruikmakend van 'expert-kennis', een keuze wordt gemaakt. *EASE* staat voor *Estimation and Assessment of Substance Exposure*. Het is ontwikkeld door de Engelse Health and Safety Executive, HSE. De eerste versie van dit computerprogramma is verschenen in 1994. Sinds augustus 1997 is *EASE* als Windows-programma Version 2.0 ('free ware') beschikbaar. Het is het eerste programma in zijn soort. Om tot een schatting te komen moet de gebruiker informatie invoeren over fysisch-chemische eigenschappen van de stof, het gebruikspatroon en het arbeidshygiënisch beheersregiem. Op basis van analogieën met goed beschreven en bemeten werksituaties schat *EASE* vervolgens de concentratie gas of damp (in ppm), stof (in mg/m³) of vezel (vezels/ml) in de ademzone van de werknemer. Hierbij wordt aangenomen dat de werkzaamheden 8 uur duren en bovendien plaatsvinden met de zuivere stof. Een schatting van de blootstelling tijdens een werkzaamheid die korter dan 8 uur duurt is mogelijk omdat de meetwaarden waarop het model is gebaseerd taakgebonden zijn. In situaties waarbij een stof in een mengsel wordt toegepast moet de met *EASE* geschatte concentratie worden gereduceerd met een factor gelijk aan het gehalte van de betreffende stof. Schatting van de huidblootstelling levert een besmettingsflux, uitgedrukt in mg/cm²/dag, op. De kwaliteit van de schatting van de huidblootstelling blijft in dit artikel buiten beschouwing.

¹ IndustoX Consult, Postbus 31070, 6503 CB Nijmegen, tel.: (024) 352 88 42, fax: (024) 354 00 90, e-mail: joost.vanrooij@industox.nl

Summary

The accuracy of the expert system *EASE* was studied among a group of occupational experts. This expert system *EASE*, *Estimation and Assessment of Substance Exposure*, estimates substance exposure in the work environment. The Health and Safety Executive in the United Kingdom developed this knowledge-based system. For in total 61 workplaces, in which the occupational experts previously carried out measurements, the substance exposure was estimated with the expert model *EASE*. In 60% of the tested workplaces the estimate corresponded well to the measured workplace concentrations. In 40% of the cases there was an overestimation. Underestimations did not occur. The expert system *EASE* appears to be a valuable instrument for the initial appraisal of substance exposure in the workplace. It enables the occupational expert to distinguish workplaces at high risk from safe workplaces and with that to optimise exposure measurements.

Een *EASE*-schatting resulteert niet in één getal maar in een bereik waarbinnen de concentratie met grote waarschijnlijkheid zal liggen. Een schatting van de concentratie gas of damp in de werkatmosfeer resulteert in bijvoorbeeld een bereik van 0,5-1, 3-5, 10-20, 70-100, 500-1000 ppm (in totaal 21 bereiken). De schatting van de stofconcentratie resulteert bijvoorbeeld in 0,2-1, 2-5, 5-20, 5-50 mg/m³ (in totaal 10 bereiken). De bovengrens van de schatting van de concentratie gas of damp is ca. 1,5-2 maal hoger dan de ondergrens. Voor de concentratie stof in de werkatmosfeer is de bovengrens 3 tot 10 maal hoger dan de ondergrens. *EASE* wordt aanbevolen in Technical Guidance Documents van de EU voor de schatting van de beroepsmatige blootstelling aan bestaande stoffen en in het kader van de toelating van nieuwe milieugevaarlijke stoffen [1].

EASE lijkt een zeer handig instrument bij de uitvoering van risicoinventarisaties en -evaluaties (RI&E), of de initiële beoordeling van blootstelling aan gevaarlijke stoffen zoals beschreven in NEN-689 [2]. Toepassing van *EASE* in de Nederlandse arbeidshygiënische praktijk is voornamelijk beperkt. Dat arbeidshygiënist terughoudend zijn in het gebruik van *EASE* komt waarschijnlijk door de onduidelijkheid over de juistheid en precisie van de schattingen uitgevoerd met *EASE*. Hierover is nog weinig bekend. De doelstelling van dit artikel is om de juistheid en precisie van de *EASE*-schattingen te onderzoeken door deze te toetsen aan daadwerkelijk gemeten concentraties van gevaarlijke stoffen in de werkatmosfeer.

Methode

In 1998 hebben in totaal 117 arbodeskundigen deelgenomen aan de ééndaagse workshop 'Arbeidshygiënische beoordeling van blootstelling aan stoffen op de werkplek zonder te meten: het *EASE*-expert systeem'. De

Fysische staat agens in werkatmosfeer ^b	Aantal beoordeelde werksituaties	EASE schatting versus metingen ^a		
		Onderschatting (ratio < 0,25)	Vergelijkbaar (0,25 < ratio < 2,5)	Overschatting (ratio > 2,5)
Gas of damp	35	0	23	12
Stof	26	0	13	13

^a vergeleken wordt het geometrisch gemiddelde van de ondergrens en bovengrens van de schatting met het geometrische gemiddelde van de laagste en hoogste gemeten waarde

^b een vergelijking van gemeten vezel concentraties en EASE-schattingen is niet mogelijk door gebrek aan gegevens.

Tabel 1. Vergelijking van EASE-schatting met gemeten waarden.

workshop werd georganiseerd door IndusTox Consult te Nijmegen. Onder de deelnemers waren 90 arbeidshygiënisten, 5 veiligheidkundigen, 15 adviseurs arbo & milieu, 2 bedrijfsartsen, 2 chemici, 2 KAM-managers en 1 toxicoloog. Elk van de deelnemers had geen of slechts een zeer beperkte ervaring met het expert systeem. Alle cursisten was vooraf gevraagd een eigen meetrapport mee te nemen naar de workshop. Het waren bijna uitsluitend de arbeidshygiënisten die hieraan gehoor gaven. In totaal brachten zij 73 meetrapporten mee. Het ochtendprogramma bestond uit een korte introductie van EASE, een demonstratie aan de hand van twee voorbeelden en de uitwerking van drie opdrachten om vertrouwd te raken met het computerprogramma en de terminologie.

In de middag hebben de cursisten in groepjes van 2 à 3 personen minimaal één schatting gemaakt van de blootstelling op een werkplek waarin ze zelf of een groepslid, in een eerder stadium, metingen hadden verricht, of nauw betrokken waren bij de metingen. Hierbij beschikten zij dus over het meetrapport. Bij de schatting zijn de cursisten uitgegaan van dezelfde tijdspanne als waarover de meetresultaten zijn gemiddeld. Bovendien zijn in het geval van mengsels de schattingen gecorrigeerd op basis van het gehalte van de betreffende stof in het mengsel. Voor werkplekken waarbij twijfel bestond over het best passende gebruikspatroon of beheersregiem werden meerdere varianten doorgerekend. Dit resulteert in een relatief brede schattingsrange.

Van de in totaal 73 getoetste werkplekken bleek in 11 gevallen een schatting met EASE niet mogelijk. Dit kwam doordat het meetrapport onvoldoende gegevens bevatte over bijvoorbeeld de concentratie van het agens in het toegepaste product, of over de aard van de meting (taak- of persoonsgericht). Of omdat er geen sprake was van normaal gebruik van chemische stoffen maar van lekkages. Een schatting van de concentratie vezels is slechts voor één werkplek uitgevoerd. Deze ene schatting, die overigens goed overeen kwam met de gemeten concentraties, is in dit onderzoek verder buiten beschouwing gelaten. De meetgegevens van de resterende 61 werkplekken zijn vervolgens gebruikt voor de toetsing van EASE.

Resultaat EASE-schatting ^a	Oordeel Werkplek	Vervolgactie
Bovengrens EASE-schatting < 25% van MAC	Veilig	Handhaaf bestaand beheersregiem
Ondergrens EASE-schatting > MAC	Onveilig	Tref maatregelen volgens de arbeids-hygiënische strategie
overige situaties	Onzeker	Stel exacte concentratie vast door metingen

^a EASE geeft een concentratiebereik met ondergrens en bovengrens
MAC = Maximaal Aanvaarde Concentratie

Tabel 2. Voorstel voor toetsingskader voor schattingen van concentraties in de werkatmosfeer uitgevoerd met het expert systeem EASE.

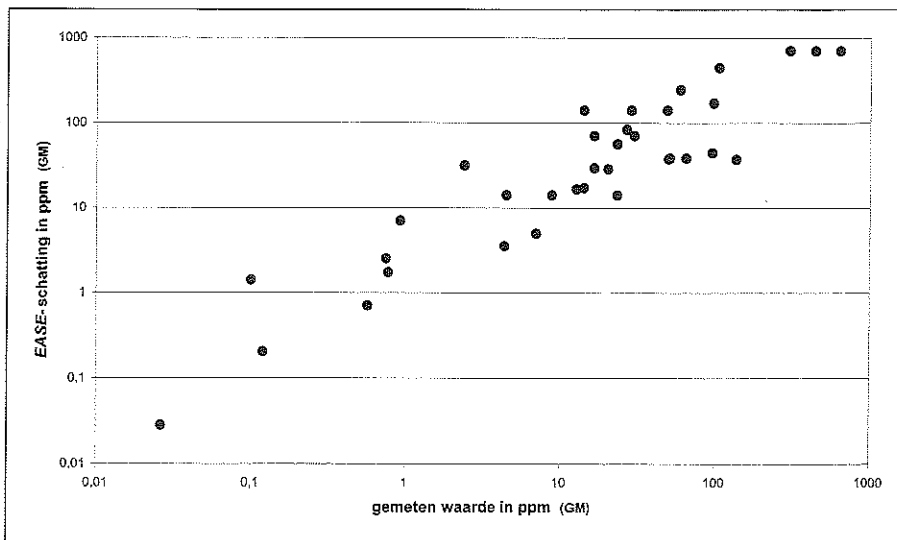
De nauwkeurigheid ('accuracy') van een schattingsmethode wordt bepaald door de juistheid ('unbiasedness') en precisie ('precision'). Voor een oordeel over de juistheid en precisie wordt veelal een aantal ratio's 'schatting:werkelijke waarde' bepaald. De schattingsmethode is juist als het gemiddelde van deze ratio's 1 bedraagt, en precies als de spreiding van de ratio's laag is. Aangezien de EASE-schatting in een range resulteert en we de beschikking hebben over een beperkt aantal metingen per werkplek hebben we gekozen voor een vergelijking van de schattingsrange met het meetbereik (= laagste en hoogste meetwaarde). Dit hebben we als volgt uitgewerkt. Ten eerste zijn de ratio's 'schatting:gemeten waarde' berekend, waarbij is uitgegaan van het geometrische gemiddelde van ondergrens en bovengrens van de schatting en het geometrisch gemiddelde van de laagste en hoogste meetwaarde. Hierbij is aangenomen dat de gemeten concentraties een goede weergave zijn van de werkelijke concentraties op de werkplek.

Ten tweede is de nauwkeurigheid van EASE beoordeeld op basis van de overlap tussen schattingsrange en meetbereik. Een EASE-schatting hebben wij als 'goed' geclassificeerd als de schattingsrange het gemeten concentratiebereik overlapt. Lag de schattingsrange in zijn geheel boven, of in zijn geheel onder het gemeten concentratiebereik dan gold de kwalificatie van respectievelijk 'overschatting' en 'onderschatting'.

Resultaten

De gegevens van de werkplekken en de resultaten van de schattingen en de metingen op die werkplekken staan in de bijlage van dit artikel. In bijlage 1 staan de resultaten van 35 werkplekken met gas- of dampvormige stoffen. Bijlage 2 geeft een overzicht van de 26 werkplekken waar de concentratie stof is geschat en gemeten.

Het computerprogramma EASE for Windows is voorzien van een uitgebreide Help-functie. De toelichting op de gebruikte terminologie bleek echter niet altijd toereikend. Cursisten hadden problemen met het onderscheid tussen 'non-dispersive use' en 'wide-dispersive use'. Ook werd duidelijk dat niet goed gedefinieerd is wanneer er precies sprake is van 'local exhaust ven-

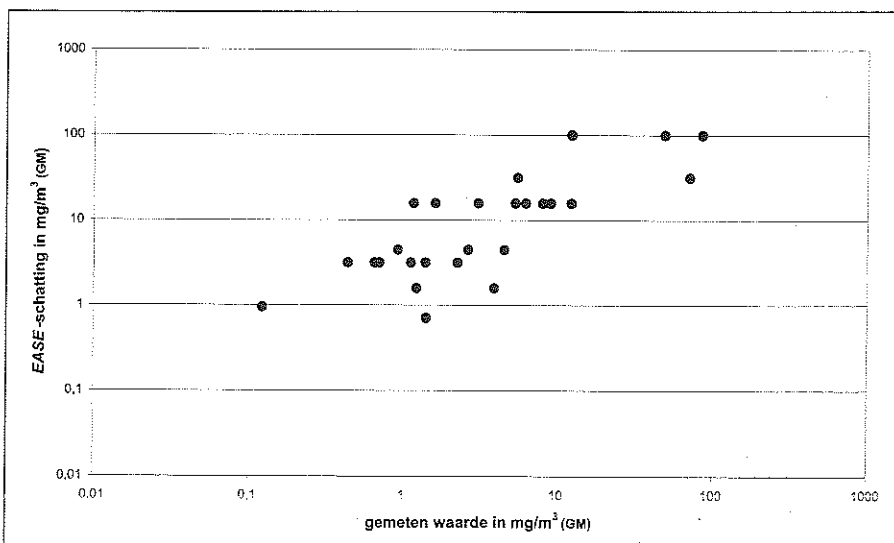


Figuur 1 Concentratie gassen/dampen in werkatmosfeer EASE-schatting versus meting

tilation' en een 'closed system/full containment'. Dit is van belang omdat de keuze van deze categorieën de hoogte van de schatting zeer sterk beïnvloedt. De ratio 'EASE-schatting:meting' was voor gas- of dampvormige blootstelling gemiddeld 3,0 (bereik: 0,3-14; n=35), voor stofvormige blootstelling gemiddeld 3,7 (bereik: 0,4-14; n=26). De ratio's staan in bijlage 1 en 2.

Bij 60 procent van de 61 getoetste werkplekken was er een overlap tussen schattingsrange en het gemeten concentratiebereik. Uit de gegevens in bijlage 1 en 2 blijkt dat dit het geval is op werkplekken waar de ratio 'EASE-schatting:meting' ongeveer tussen 0,25 en 2,5 ligt. In 40 procent van de gevallen lag de schattingsrange in zijn geheel boven de gemeten concentraties (ratio > 2,5). Geen enkele keer lag de schattingsrange in zijn geheel onder de gemeten concentraties (ratio < 0,25). De schatting van gas- of dampvormige blootstelling lijkt iets beter dan de schatting van de stofblootstelling (zie tabel 1).

In figuur 1 en 2 zijn de gemeten concentraties (geometrisch gemiddelde van het laagste en hoogste meetresultaat) uitgezet tegen de met EASE geschatte concentraties (geometrisch gemiddelde van ondergrens en bovengrens van schatting). Figuur 1 bevat de gegevens van werkplekken met gas- of dampvormige blootstelling, figuur 2 toont de gegevens over de stofblootstel-



Figuur 2 Concentratie stof in werkatmosfeer EASE-schatting versus meting

ling. De correlatie tussen schatting en gemeten waarde is voor gassen/dampen 0,89; in het geval van stofblootstelling is dat 0,71 (Pearson correlatiecoëfficiënten). De figuren laten zien dat er een goede correlatie is tussen de gemeten waarden en de EASE-schattingen, maar dat EASE een neiging heeft tot overschatten. Een overschatting met een factor 14 is mogelijk.

Discussie

Dit artikel laat zien dat arbo-deskundigen met het expertsysteem EASE in circa 60 procent van de beoordeelde werkplekken een goede schatting hebben gemaakt van de concentratie chemische stoffen in de werkatmosfeer. In 40 procent van de gevallen was er sprake van een

overschatting met maximaal een factor 14.

Onderschattingen hebben zich niet voorgedaan.

Hierbij wordt opgemerkt dat elk van de schattingen is uitgevoerd door een groepje van 2-3 arbodeskundigen. Dit heeft de kwaliteit van de schattingen mogelijk positief beïnvloed. Daarnaast kan niet worden uitgesloten dat in de gekozen onderzoeksopzet de schatting wordt beïnvloed doordat de schatters beschikken over de daadwerkelijk gemeten luchtconcentraties. Deze bias is naar verwachting beperkt doordat de cursisten onvoldoende ervaring hadden met EASE om naar een resultaat toe te kunnen werken.

Eerdere validaties

Resultaten van validaties van het expert systeem EASE zijn nog nauwelijks voorhanden. In een drietal eerdere publicaties worden metingen van concentraties in de werkatmosfeer van in totaal 15 werksituaties vergeleken met schattingen uitgevoerd met EASE [4,5,6]. Opnieuw doorrekenen van deze werkplekken met de meest recente EASE-versie (versie 2.0 voor Windows) levert het volgende op: in 9 werksituaties is er een overlap tussen de EASE-schattingsrange en het gemeten concentratiebereik, in 3 werksituaties is er sprake van overschatting, in 3 werksituaties geeft EASE een onderschatting van de luchtconcentraties.

De gemiddelde ratio 'schatting:meting' bedroeg 3,2 (bereik: 0,1 - 18,3, n=15). Dit komt redelijk goed overeen met onze bevindingen. Belangrijk verschil is dat de onderzoekers ook onderschattingen rapporteren. Of hier sprake is van echte onderschattingen of verkeerd gebruik van EASE is onduidelijk. In elk geval hebben de onderzoekers in de werksituaties waarbij EASE leidde tot een onderschatting zeer dubieuze keuzes gemaakt bij het vaststellen van het gebruikspatroon en arbeidshygiënisch beheersregiem. Een verklaring hiervoor is mogelijk het gebrek aan ervaring met EASE en/of omdat in de oudere versies de criteria voor het vaststellen van gebruikspa-

bedrijf	activiteit	chemische verbinding	MAC-waarde "(8 uur teeg; ppm)"	Gemeten waarde (in ppm) laagste	hoogste	EASE-schatting (in ppm) ondergrens	bovengrens	Ratio schatting/meting
metaalbedrijf	walserij	1,2,4-trimethylbenzeen	20	125	-	10	140	0,8
verffabriek	spoelen verfkoupen	methyl ethylketon	200	70	-	10	200	0,5
schilderen	schilderen cilindres	xyleen	50	22	190	30	50	0,6
verffabriek	aanmaak/mengen verf	ethylacetaat	150	17	32	10	20	0,6
extrusie	schroefrekken	formaldehyde	1	7 (AM)	-	2,5	10	0,7
polyesterproductie	verwerken van harsen	styreen	25	29	89	24	60	0,8
windmolenvieken prod.	aflakken met rollers	xyleen	50	2,2	8,6	30	50	0,8
ziekenhuis	botcement aanmaken	methylmetacrylaat	50	0,01	0,07	2,5	5	0,8
ziekenhuis	desinfectie endoscopen	formaldehyde	1	270	1500	0,02	0,04	1,1
ziekenhuis	anesthesie	lachgas (N ₂ O)	80	40	-	500	1000	1,1
autospuiterij	spuiten	tolueen	40	10	20	12	25	1,2
laboratorium	uitsnijden weefsels	formaldehyde	1	0,4	0,8	0,5	1,0	1,3
drukkerij	off-set	isopropanol	250	4	40	14	20	1,3
polyesterproductie	verwerken hars	styreen	25	10	41	18	46	1,4
verffabriek	aanmaak/mengen verf	tolueen	40	6	13	10	20	1,6
luchthaven	schoonmaken stekkers	dichloormethaan	100	240	800	500	1000	1,6
productiebedrijf	smeermiddel machine	2-butoxyethanol	20	0,12 (N=1)	-	0,16	0,26	1,7
productiebedrijf	smeermiddel machine	white spirit	100	26	364	140	210	1,8
zeeftrik	bedrukken aanstekers	PGME	100	16	17	25	35	1,8
ziekenhuis	anesthesie-kinderen	lachgas (N ₂ O)	100	0,3	2,0	1	3	2,2
productie busson	lijnen	n-hexaan	80	100	900	500	1000	2,4
productie douchebakken	rollen hars	styreen	25	15	60	50	100	2,4
verffabriek	filters wisselen	methyl ethylketon	25	16	34	40	80	2,4
timmerfabriek	dompelen kozijnen	white spirit	200	30	80	100	200	2,9
desinfectie afdeling	lossen	formaldehyde	100	12	60	70	100	3,1
staalproductie	navalsen	2-aminoethanol	1	1	20	10	20	3,2
spuitgieterij	verbinden plastic delen	trichloorethyleen	1	0,7	0,8	1,6	4	3,4
ziekenhuis	anesthesie-volwassen	lachgas (N ₂ O)	35	35	100	200	300	4,1
ziekenhuis	spuiten	xyleen	80	20	550	200	1000	4,3
ziekenhuis	anesthesie-kinderen	lachgas (N ₂ O)	50	6	45	50	100	4,3
ziekenhuis	weefselpreparatie	formaldehyde	80	15	55	100	200	4,9
ziekenhuis	anesthesie-volwassen	lachgas (N ₂ O)	1	0,13	6,6	5	10	7,6
productie disposables	lijnen	tetrahydrofuraan	80	10	20	100	200	10,0
ziekenhuis	reinen endoscopen	glutaaraldehyde	100	0,7	8,1	20	50	13,3
			0,07	0,1 (AM)	-	1	2	14,1

Ratio schatting/meting = GM (ondergrens - bovengrens EASE schatting) / GM (laagste - hoogste meetwaarde)

Bijlage 1 Werkplekken met blootstelling aan gas- of dampvormige stoffen

bedrijf	activiteit	chemische verbinding	MAC-waarde (8 uren tgg; mg/m ³)	Gemeten waarden (mg/m ³)		EASP-schatting (mg/m ³)		Ratio schatting:meting
				laagste	hoogste	ondergrens	bovengrens	
aluminium-industrie	bolvorming	aluminiumoxide	10	3	-	0,5	-	0,4
havenoverslag	lossen met bulldozer	borax	5	50	-	5	-	0,4
wegenbouw	frezen wegdek	stof	10	0,4	-	0,1	-	0,5
houtverwerking	handmatig houtbewerken	houtstof	2	-	4,5 (AM)	2	-	1,0
revistiebedrijf	Cadweld lassen	lasrook	5	-	85 (N=1)	50	-	1,2
productiebedrijf	lassen	lasrook	5	5	-	5	-	1,3
kartonfabriek	snijden/verwerken karton	cellulose	2	1,0	-	0,5	-	1,3
productiebedrijf	lassen	lasrook	5	1	-	2	-	1,4
technische werkplaats	lassen	lasrook	5	0,7	-	2	-	1,7
productie autoonderdelen	stansen getakt rubber	talk	2	-	9 (N=1)	5	-	1,8
aardappelbedrijf	sorteren aardappels	zand	10	2	-	5	-	2,0
aluminiumsmelter	handling kogelmolen	aluminium	10	40	-	50	-	2,0
soldeerafdeling	solderen	soldeerrook	5	0,3	-	2	-	2,3
afvalverbranding	rooster reparatie	stof	10	-	6,2 (N=1)	5	-	2,6
productie vaten	handling kleurstoffen	stof	10	0,9	-	2	-	2,8
productie zeoliet	afzakken in big-bags	zeoliet	10	-	1,4	2	-	3,0
productiebedrijf	RVS-lassen	lasrook	5	-	5,3 (AM)	5	-	4,5
meubelfabriek	gebruik van cirkelzaag	hout	2	0,5	-	2	-	4,9
meubelfabriek	borstelen/schuren	hout	2	0,3	-	2	-	4,9
bakkerij	bereiding van deeg	meelstof	10	2,7	-	5	-	5,2
carrosseriebedrijf	zagen polyester	polyester	10	1,5	-	5	-	5,8
productie pigmenten	droge pigmenten	stof	10	0,1	-	2	-	7,3
aanleg sportvelden	storten	kwarts (30%)	0,075	0,1	-	0,6	-	7,7
kunstmest productie	normaal proces	stof	10	5	-	50	-	8,2
keramiektfabriek	productie technisch keramek	stof	10	0,6	-	5	-	9,8
productie auto's	slijpen/borstelen metaal	metaalstof	10	0,8	-	5	-	13,6

Ratio schatting:meting = GM (ondergrens - bovengrens EASE schatting) / GM (laagste - hoogste meetwaarde)

Bijlage 2 Werkplekken met blootstelling aan stof