

Trillingsbelastingen door handmatig bediende apparatuur voor hoge-druk vloeistofreiniging

R. Dekkers¹, A. Burdorf²

Samenvatting

In de industriële reiniging worden o.a. handbediende reinigingstechnieken gebruikt, waarbij water onder hoge druk (>100 bar) op het te reinigen oppervlak gespoten wordt. Er wordt gebruik gemaakt van handspuitpistolen en kruipslangen met diverse soorten nozzles. In een laboratorium-setting zijn door metingen aan het handspuitpistool en de kruipslang diverse factoren geïnventariseerd, die van invloed kunnen zijn op het trillingsniveau. Uit de in de literatuur gevonden gemiddelde dagelijkse blootstellingsduur en de in het onderzoek gemeten trillingsniveaus aan het handspuitpistool blijkt dat de dagdosis de norm voor de trillingsbelasting dusdanig overschrijdt, dat een reductie van de blootstelling nodig is. De trillingsniveaus aan de kruipslang blijken beduidend lager te liggen. Er worden aanbevelingen gedaan om het effect van diverse factoren, die van invloed zouden kunnen zijn op het trillingsniveau, uitgebreider te kwantificeren en om in het veld de trillingsbelasting door middel van dosimetrie vast te leggen.

Inleiding

In de industriële reiniging wordt gebruik gemaakt van hoge-druk reinigingsmethoden, waarbij water onder hoge druk (>100 bar) op het te reinigen oppervlak gespoten wordt. Voor een uitwendig oppervlak wordt als handgereedschap het handspuitpistool gebruikt en voor een inwendig oppervlak (de binnenkant van pijpen) de kruipslang. Afhankelijk van de aard van het verontreinigde oppervlak kiest men een (zo hoog mogelijke) druk bij de nozzle en het type nozzle voor het handspuitpistool of de kruipslang. Het te verspuiten water wordt door de hoge-druk unit op druk gebracht door middel van plunjerpompen. De in te stellen druk wordt bepaald door de hydrodynamische eigenschappen van de nozzle, de lengte van de slang tussen de hoge-druk unit en het handgereedschap, en de maximaal toegestane reactiekracht (250 N) van het handgereedschap.

In Nederland zijn ongeveer 2000 à 3000 man gecertificeerd voor het werken met handmatig bediende hoge-druk reinigingsapparatuur.

Het scala aan klachten over de bovenste delen van het bewegingsapparaat ten gevolge van het gebruik van trillend handgereedschap stond bekend als 'Vibration Induced White Finger'-syndroom. Later is de term 'Hand-Arm Vibration'-syndroom ingevoerd (Dekkers, 1992a).

Naarmate de ontvangen dosis groter is, zijn de afwijkingen ernstiger (Bovenzo, 1991) en zal de tijd waarbinnen een bepaald deel van de blootgestelde populatie klachten krijgt korter zijn (Griffin, z.j.). Bij voortschrijdende expositie zijn de klachten en afwijkingen progressief, neemt de manuele vaardigheid af en dientengevolge de kans op ongevallen toe. De klachten kunnen door koude of trillingen

Summary

High-pressure (>100 bar) water cleaning in industrial cleaning settings is performed manually, using high-pressure pistols and high-pressure hoses with various kinds of nozzles. Vibration levels of high-pressure pistols and high-pressure hoses are measured in a laboratory-setting to investigate some factors influencing them. The daily vibration-level is exceeding acceptable limits for hand-arm vibration as measured by the mean daily exposure duration and the vibration levels of the high-pressure pistols. Exposure levels of the high-pressure hoses are much lower. It is recommended to investigate and quantify more in detail the effects of factors influencing exposure levels and also to perform dosimetry at the workplace.

Trefwoorden: industriële reiniging, hoge-druk reinigingsmethoden, handspuitpistool, kruipslang, trillingsbelasting, hand-arm trillingen.

gen geprovoceerd worden, maar kunnen ook optreden in een periode waarin men niet aan trillingen is blootgesteld (Burdorf, 1986).

Doel van het onderzoek is te bezien of de ontvangen hand-arm trillingen, die door het handmatig bediende hoge-druk reinigingsgereedschap afgegeven worden, de norm voor hand-arm trillingen overschrijden. Verder worden de factoren geïnventariseerd, die van invloed zouden kunnen zijn op het trillingsniveau van handbediend hoge-druk reinigingsgereedschap.

Methode

In een experimentele situatie is het werk van de hoge-druk spuitter zoveel mogelijk vergelijkbaar gehouden met de praktijk. De taken zijn het bedienen van het handspuitpistool en de kruipslang. De druk is daarbij constant gehouden. Gemeten werd aan het handspuitpistool, (naar type) en aan de kruipslang bij gebruikmaking van diverse nozzles (naar maat, vorm en type). Voor een gedetailleerde omschrijving van de experimentele opstellingen, de constant gekozen onafhankelijke variabelen en omstandigheden wordt verwezen naar de literatuur (Dekkers, 1992a).

Uit de 'naar de frequentie gewogen' versnellingen in 3 gestandaardiseerde richtingen wordt na middeling over de tijd de somvector bepaald en geregistreerd. Op basis van deze somvector (a_{som} , [m/sec²]) wordt de dosis berekend, uitgaande van een gemiddelde duur van 4 uur spuiten per dag. Er wordt in het frequentie-gebied van 8-1000 Hz gemeten. Voor de gehanteerde criteria voor de reproduceerbaarheid zij verwezen naar de literatuur (Weiden, T.C.J. van der, 1990; Hulshof, C., 1990; Dekkers, R., 1992b).

Als apparatuur werden een geluidsmeter (2231), trillingsmodule (2522) en 'hand-arm'-set (4392) van Bruel en Kjaer gebruikt. De instelling vond plaats volgens voorschrift van de fabrikant. De adapter werd bevestigd middels tape.

1. R. Dekkers, bedrijfsarts bij de Bedrijfsgezondheidsdienst 'Rijnmond', Rietbaan 4, 2908 LP Capelle a/d IJssel, 010-4424570

2. A. Burdorf, Erasmus Universiteit, Faculteit voor Geneeskunde en Gezondheidswetenschappen, Afd. Maatschappelijke Gezondheidszorg, Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam, 010-4087717

Resultaten

In de tabellen 1 en 2 worden de gemiddelde versnellingen van de trillingen aan de pistoolgreep en de lans van het handspuitpistool afhankelijk van de variabelen (ingestelde druk, nozzle-vorm, -afmetingen en -type) weergegeven met vermelding van de standaard-deviatie.

De situatie van tabel 1 verschilt ten opzichte van die bij tabel 2, daar er een andere H.D.-wagen, type handspuitpistool en pistool-bediener ingezet zijn.

Tabel 1. Gemiddelde versnelling (A_{som}) en druk (P) bij situatie 1: handspuitpistool, HD wagen no 1, pistoolbediener L, plunjer-set P 30 (Z kop), meetlocatie: pistoolgreep. Pistool type: Woma HP 1100-1-LE, 1000 bar

Nozzles	druk [bar]	A_{som} [m/sec ²]	SD
Vlakstraal 2.0 Woma	550	2.81	0.09
	350	1.79	0.07
	150	1.52	0.03
Rondstraal 2.0 Woma	400	1.99	0.08
	260	1.61	0.03
	120	1.16	0.08
Rondstraal 1.5 Woma	750	2.81	0.02
	450	2.16	0.13
	150	1.69	0.11
Wirble disc 2*1.0	750	1.97	0.02
Hammelmann (800 bar)	500	1.30	0.02
	300	1.06	0.06

In tabel 4 worden de gemiddelde maximale trillingsniveaus gemeten bij het handspuitpistool en de berekende dagdosis weergegeven.

Tabel 4. Gemiddelde maximale trillingsniveaus bij het handspuitpistool

Situaties	gemiddeld max. trillingsniveau (A_{som}) [m/sec ²]**		dagdosis [(m/sec ²) ² x uur]*	
	pistoolgreep	lans	pistoolgreep	lans
1	2.0-2.8		16.0-31.4	
2	0.9-1.1	0.6-0.8	3.2-4.8	1.4-2.6

* Dagdosis = (A_{som})² * 4 uur

** In de praktijk wordt bij zo hoog mogelijke drukken gespoten

Situatie 1 verschilt van situatie 2, daar verschillende H.D.-wagens, type handspuitpistolen en pistool-bedieners ingezet zijn.

Tabel 5. Trillingsniveau en dagdosis bij de kruipslang

gemiddelde max. trillingsniveau** (A_{som}) [m/sec ²]	dagdosis* Dg [(m/sec ²) ² x uur]
1.5	9.0

* Dagdosis = (A_{som})² x 4 uur

** In de praktijk wordt bij zo hoog mogelijke drukken gespoten

Tabel 2. Gemiddelde versnelling (A_{som}) en druk (P) bij situatie 2 en 2': handspuitpistool, HD wagen no 2, pistoolbediener P, plunjer-set P 30 (Z kop), meetlocatie: pistoolgreep. Pistool type: Uraca SP 800

Situatie meetlocatie	druk [bar]	2		2'	
		pistoolgreep A_{som} [m/sec ²]	s.d.	lans A_{som} [m/sec ²]	s.d.
Nozzles Rondstraal 2.0 Woma	400	0.86	0.01	0.59	0.03
	260	0.75	0.00	0.60	0.02
	120	0.66	0.00	0.59	0.01
Rondstraal 1.5 Woma	750	1.11	0.06	0.78	0.04
	450	1.13	0.01	0.71	0.05
	150	1.25	0.03	0.43	0.00
Wirble disc 2*1.0	750	0.95	0.03	0.62	0.00
Hammelmann	500	1.32	0.27	0.61	0.02

In tabel 3 worden de gemiddelde versnellingen bij het gebruik van de kruipslang weergegeven.

Tabel 3. Gemiddelde versnelling kruipslang: H.D.-wagen: No. 3, kruipslang-bediener: Q, plunjer-set: P 40, 'gewone' kop, kruipslang: 1/8", 7m, Nennweite: 5.2

situatie	Nozzle	druk [bar]	A_{som} [m/sec ²]	s.d.
1	stationair	500	1.54	0.07
	(1+6)*0.8	400	1.36	0.00
	Woma	300	1.43	0.02
2	roterend	500	1.84	0.04
	(2+3)*1.0	400	2.36	0.08
	Woma	300	2.10	0.06

In tabel 6 zijn de grootste procentuele standaarddeviaties vermeld.

Met uitzondering van situatie 2.3 bleken de metingen redelijk goed reproduceerbaar te zijn, en dus geven de gepresenteerde meetresultaten een redelijk goed beeld van de trillingsbelasting tijdens de beschreven situaties.

Conclusies

Door de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne is in 1987 op basis van de ISO-norm 5349 een grenswaarde van een versnelling van 3 m/sec² gedurende 4 uur per dag aangenomen en de ontvangen dosis (als energiemaat) berekend (van der Weiden et al., 1990) (zie tabel 7).

Tabel 6. Grootste procentuele standaarddeviaties

Taak	Situatie	Beschrijving	A_{som} [m/sec ²]	sd [m/sec ²]	sd % A_{som}
1	1.3	pistoolgreep rondstraal 1.5 450 bar	2.16	0.13	6.0
1	2.3	pistoolgreep wirble disc 500 bar	1.32	0.27	20.5
1	2'3	lans wirble disc 500 bar	0.61	0.02	3.3
1	2'2	lans rondstraal 1.5 450 bar	0.71	0.05	7.0
2	1	kruipslang stationair 500 bar	1.54	0.07	4.6

Tabel 7. Beoordelingstabel voor blootstelling aan hand-arm trillingen

	gemiddelde effectieve versnelling a^{**}	dosis (Dg)
klasse A*	1.5-3.0 m/sec ²	9-36 (m/sec ²) ² .uur
klasse B	>3.0 m/sec ²	>36 (m/sec ²) ² .uur

* als gezondheidsgrens voor de vectorsom is 1.5 m/sec² aangehouden en voor de dosis 9 (m/sec²)² .uur.

** vectorsom van de gewogen effectieve versnellingen in 3 onderling loodrechte richtingen.

Klasse A: In deze klasse wordt de gezondheidsgrens overschreden. Dit betekent, dat bij een blootstelling van een versnelling van 3 m/sec² gedurende 4 uur per dag na 10 jaar 10% van de blootgestelde populatie 'witte vingers' krijgt. Aanpassing van het werk-proces of aanschaf van nieuwe apparatuur is gewenst.

Klasse B: Op lange termijn zijn zeker gezondheidseffecten te verwachten, en dienen verbeteringen doorgevoerd te worden.

Vergelijking met de ISO-5349 norm, uitgaande van een over een dag constant zijnde situatie, kan geconcludeerd worden, dat de dagdosis van de hand aan de pistoolgreep van een niveau is, waarvoor vermindering van de dosis op langere termijn gewenst is. De trillingen aan de lans zijn echter dusdanig laag, dat er geen overschrijding van de maximaal toelaatbare dagdosis optreedt.

Factoren, die het trillingsniveau beïnvloeden zijn:

- ingestelde druk: binnen een situatie kan het trillingsniveau aan de pistoolgreep toenemen met de ingestelde druk of nagenoeg constant blijven;
- nozzle-opening: bij toepassing van dezelfde ingestelde spuitdruk neemt het trillingsniveau aan de pistoolgreep toe met afname van de nozzle-openingsdiameter;
- nozzle-vorm: bij dezelfde kengetallen heeft de vorm van de nozzle-opening (spleet of rond) geen effect op het trillingsniveau aan de pistoolgreep;
- nozzle-type: een roterende nozzle blijkt een verlagend effect op het trillingsniveau aan de pistoolgreep te hebben.

Uit vergelijking met de ISO-5349 norm, uitgaande van een over een dag constant zijnde situatie kan geconcludeerd worden, dat de dagdosis van de hand aan de kruipslang van een niveau is, waarvoor vermindering van de dosis op langere termijn misschien niet nodig is.

Factoren, die het trillingsniveau beïnvloeden zijn:

- ingestelde druk: binnen een situatie blijkt de ingestelde spuitdruk een ondefinieerbaar effect op het trillingsniveau te hebben;
- nozzle-type: uit de waarnemingen van het gebruik van een stationaire en een roterende nozzle kan geen conclu-

sie getrokken worden over het verschil in effect op het trillingsniveau;

Opmerking: deze nozzles hadden vergelijkbare totale oppervlakte van de uitstroomopeningen (3.5, resp. 3.9 mm²).

Het gemeten trillingsniveau aan de pistoolgreep bij de ingestelde maximale drukken varieert van 0.9 tot 2.8 m/sec² en voor de kruipslang van 1.5 tot 1.8 m/sec².

Geschat wordt, dat na 10 jaar minder dan 10% van de blootgestelde populatie klachten zal hebben.

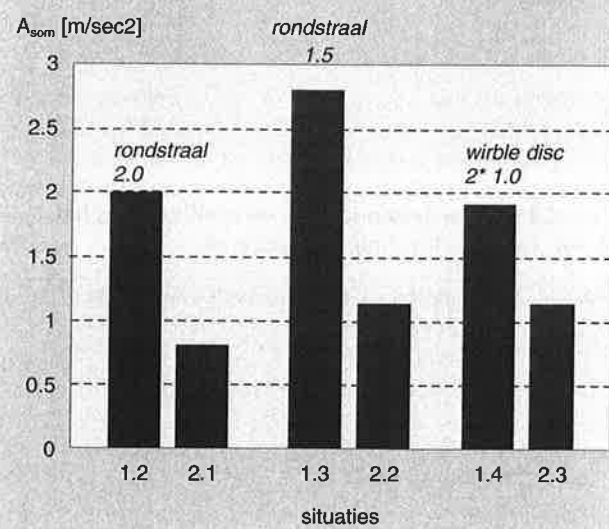
Discussie en aanbevelingen

Factoren, die het trillingsniveau beïnvloeden

- handspuitpistool:

Het feit dat het trillingsniveau binnen een situatie met toenemende druk kan toenemen of nagenoeg constant kan blijven zou kunnen betekenen, dat het trillingsniveau niet zo zeer door de druk bepaald wordt, maar door het type handspuitpistool en de hoge-druk unit.

Tussen vergelijkbare situaties, dat wil zeggen met dezelfde nozzles en bij dezelfde toegepaste maximaal ingestelde spuitdruk, kan het trillingsniveau aan de pistoolgreep door andere factoren bepaald worden. (zie situaties 1.2 resp. 2.1, 1.3 resp. 2.2 en 1.4 resp. 2.3 (fig. 1))

Figuur 1. Gemiddelde versnelling aan de pistoolgreep bij vergelijkbare situaties (nozzles en max. ingestelde spuitdruk zijn gelijk)

Gedacht wordt aan: de staat van onderhoud van de plunjer-set, het type spuitpistool, de lengte van de hoge-druk slangen tussen plunjer-set en spuitpistool en de eigenschappen van de spuitpistool-bediener (ervaring, hand-

vastheid, knijpkracht, vermoeidheid, bewegingen, houding, 'vetvrije' gewicht).

De situaties 1 en 2 verschillen t.o.v. elkaar in: andere bediener van het spuitpistool, andere hoge-druk wagens, met dus verschillende plunjer-sets, maar wel van hetzelfde type, ander type handsputpistool.

– kruipslang:

Factoren, die naast de ingestelde spuitdruk invloed op het trillingsniveau zouden kunnen hebben, zijn: eigenschappen van de nozzle (diameter van de openingen; aantal openingen; nozzle-type: roterend of stationair), diameter van de kruipslang, werkomstandigheden (staat van onderhoud van de plunjer-set, ingevoerde lengte in de te reinigen pijp, lengte van de hoge-druk slangen tussen de plunjer-set en de kruipslang, inwendige diameter van de te reinigen pijp), eigenschappen van de bediener van de kruipslang (bewegen van de kruipslang, ervaring, knijpkracht, vermoeidheid).

Omvang van de morbiditeit, PBGO., expositie vermindering
Gezien het te verwachten lage percentage (<10%) van de blootgestelde populatie, dat HAV-klachten zal kunnen hebben door langdurig gebruik van handmatig bediende hoge-druk reinigingsgereedschap, de kleine omvang van de populatie at risk en de grote spreiding van deze populatie door Nederland, zal het moeilijk zijn om aantoonbare schade op te sporen.

Opname van een speciale vragenlijst in het PBGO ter opsporing van casus met HAV-klachten ten gevolge van het gebruik van handmatig bediende hoge-druk reinigingsmaterieel lijkt niet zinvol.

De gepresenteerde meetgegevens geven wel aanleiding om maatregelen te ondernemen ter vermindering van de blootstelling aan hand-arm trillingen om kans op toekomstige schade te verminderen.

Aanbevelingen voor uitgebreider onderzoek

Met betrekking tot een inventarisatie van factoren, die een grote invloed kunnen hebben op het trillingsniveau aan de pistoolgreep, wordt onderzoek aanbevolen naar:

- hoge-druk units en het effect van de staat van onderhoud;
- handsputpistolen en het effect van de staat van onderhoud;
- hoge-druk slang lengtes;
- nozzlemerk, type, roterend of stationair;
- diameter van de kruipslang;
- dosimetrie in werk-situaties.

Literatuur

- Bovenzo, M., Zadini, A.; Occupational musculo-skeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 1991, 34, 547-562.
- Burdorf, A., Musson, Y., Drimmelen, D. van; Trillingsbelastingen en gezondheid in industriële populaties. Deel I: Hand-arm trillingen. *Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg*, 1986, 64, 512-519.
- Dekkers, R.; Hand-armtrillingen door handmatig bediende apparatuur voor hoge-druk vloeistofreiniging. *Literatuur-onderzoek en Scriptie*. Universiteit van Amsterdam, Corvu-8, 1992.
- Dekkers, R.; Hoge-druk vloeistofreiniging d.m.v. handmatig bediende apparatuur. Een beroepssurvey. Universiteit van Amsterdam, Corvu-8, 1992.
- Griffin, M.J.; *Handbook of Human Vibration*. London, Academic Press, Haurvurst Brace, Jovanovich Publishers.
- Hulshof, C.; Trillen en schokken. In: *Syllabus Bedrijfsartsenopleiding*. 1990, Universiteit van Amsterdam, Coronel Laboratorium.
- Weiden, T.C.J. van der, Ramaekers, L.A.M., Leun, C.J. van der, Wijck, A.J.M. van; *Handboek voor het meten en beoordelen van trillingen op de arbeidsplaats*. 1990, publicatie S 58-8. Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg. ■