

Relevante aspecten bij het opstellen van een trillingsbestrijdingsplan

Ir. J.P.J. Oostdijk, Ir. J.A. Huizer

1. Inleiding

Bij de blootstelling aan trillingen tijdens het werk wordt onderscheid gemaakt tussen handarmtrillingen en lichaamstrillingen.

In de industrie treden ten gevolge van een aantal processen, bewerkingen en activiteiten hoge trillingen op in gereedschappen en werkstukken. Handarmtrillingen zijn een gevolg van overdracht van die trillingen naar de handen. De belangrijkste gezondheidseffecten van handarmtrillingen zijn zogenaamde "witte vingers". Daarnaast kunnen ook andere aandoeningen optreden, zoals pijn aan spieren en gewrichten, vervorming van gewrichtsoppervlakken en aantasting van het zenuwstelsel.

Onder lichaamstrillingen wordt verstaan de blootstelling van het gehele lichaam aan mechanische trillingen, doordat contact optreedt met een trillende vloer of trillend werk- of voertuig. Contact treedt daarbij op via voeten (staande personen) en/of zitvlak (zittende personen).

Lichaamstrillingen worden met name ondervonden in:

- industrie (bijvoorbeeld betonindustrie, metaalbewerking, ruimten met trilzeven e.d.);
- voertuigen (vrachtwagens, grondverzetmachines, vorkheftrucks e.d.).

De belangrijkste gezondheidseffecten van lichaamstrillingen zijn rugaandoeningen. Ook afwijkingen in de spijsvertering, evenwichtsstoornissen, afwijkingen aan het gezichtsvermogen, hoofdpijn en slapeloosheid kunnen veroorzaakt worden door lichaamstrillingen.

De kans op gezondheidseffecten ten gevolge van trillingen wordt met name bepaald door de hoogte van de trillingsniveaus, de frequentie van de trillingen, de richting van de trillingen en de blootstellingsduur. Daarnaast zijn bij handarmtrillingen nog andere factoren van belang voor mogelijke gezondheidseffecten, zoals de werkomstandigheden, greepkracht en lichaamsbouw van de gebruiker. In Nederland werd in 1999 circa 13% van alle werknemers blootgesteld aan potentieel schadelijke handarmtrillingen en lichaamstrillingen (bron Arbobalans 2000).

2. Meetmethoden

De belangrijkste norm voor het beschrijven van handarmtrillingen in praktijksituaties is de internationale norm ISO 5349-1 van 2001. Deze norm is in Nederland geaccepteerd als NEN-EN-ISO 5349-1 van 2001 (Mechanische trillingen; meting en de beoordeling van blootstelling van het menselijk lichaam aan hand-armtrillingen; deel 1: Algemene richtlijnen). Voor lichaamstrillingen betreft dit de internationale norm ISO 2631-1 van 1997 (Mechanical vibration and shock; evaluation of human exposure to whole-body vibration; part 1: General requirement). Deze normen beschrijven hoe de metingen uitgevoerd en hoe de resultaten bewerkt moeten worden. In de normen worden weegcurven geïntroduceerd, die de gevoeligheid van het menselijk lichaam voor het frequentiespectrum van de trillingen benaderen. De met de weegcurve verkregen gewogen versnelling voor handarmtrillingen wordt aangegeven met het symbool a_{hv} (h = hand, v = vibration) en voor lichaamstrillingen met het symbool a_w (w = weighted).

Behalve voor de frequentie van trillingen wordt tevens gecorrigeerd voor de tijdsduur van blootstelling aan trillingen. Als een gereedschap slechts korte tijd van een 8-urige werkdag wordt gebruikt, wordt het trillingsniveau uitgesmeerd over een periode van 8 uur. De formule voor het bepalen van de equivalente versnelling over een periode van 8 uur luidt als volgt:

$$A(8) = a_{hv(eq, 8h)} = a_{hv} * \sqrt{T/8}$$

Voor lichaamstrillingen wordt eveneens gemiddeld over een 8-urige werkdag. De formule voor het bepalen van de equivalente versnelling over een periode van 8 uur luidt als volgt:

$$A(8) = a_{w(eq, 8h)} = a_w * \sqrt{T/8}$$

Hierin zijn $a_{hv} = a_{hv(eq, T)}$ en $a_w = a_{w(eq, T)}$ de gewogen equivalente versnellingen over een periode van T uur. In de normen is tevens aangegeven hoe A(8) berekend kunnen worden indien een werknemer gedurende een dag aan verschillende trillingsniveaus wordt blootgesteld.

Voor lichaamstrilling wordt naast A(8) een Vibration Dose Value (VDV) gedefinieerd. Deze waarde is gevoeliger voor optredende pieken in het tijdsverloop van de trillingen.

Volgens de EG-kaderrichtlijn "Machines" (91/368/EEG) zijn fabrikanten verplicht het frequentie-gewogen trillingsniveau van hun gereedschap in de gebruiksaanwijzing op te nemen, indien dit boven de $2,5 \text{ m/s}^2$ uitkomt. Om een objectieve vergelijking van verschillende fabrikaten en typen van gereedschappen mogelijk te maken is het noodzakelijk gebleken de bedrijfscondities van de gereedschappen scherp te definiëren. In ISO 8662 (Hand-held portable power tools - Measurement of vibrations at the handle) zijn deze bedrijfscondities per type gereedschap omschreven. De norm bestaat thans uit 14 delen, waarvan een aantal in het ontwerpstadium verkeert. De op deze wijze gemeten trillingsniveaus zijn niet algemeen toepasbaar voor het vaststellen van de kans op gezondheidseffecten (niet altijd realistische bedrijfsomstandigheden).

De door leveranciers opgegeven trillingsniveaus zijn alleen vergelijkbaar indien volgens dezelfde norm gemeten is. In de praktijk is dit nog niet altijd het geval, omdat de norm ISO 8662 voor de meeste gereedschappen nog pas sinds kort beschikbaar is. In sommige gevallen worden trillingsniveaus nog opgegeven volgens ISO 5349. Deze waarden mogen niet vergeleken worden met waarden gemeten volgens ISO 8662. Ook onderling kunnen waarden gemeten volgens ISO 5349 slechts met elkaar vergeleken worden als gemeten is onder identieke bedrijfsomstandigheden. Het gevaar van gemeten waarden volgens ISO 5349 is dat leveranciers zodanige bedrijfscondities kunnen kiezen dat relatief lage trillingsniveaus optreden (dus gunstig voor leverancier).

Gezien het voorgaande is heldere en correcte informatie over de gehanteerde meetmethode derhalve essentieel voor een goede onderlinge vergelijking van trillingspecificaties.

3. Wet- en regelgeving

In het kader van de Arbo-wet heeft de minister de mogelijkheid grenswaarden vast te stellen voor trillingen. In tegenstelling tot geluid is dit voor trillingen nog niet gebeurd. In de literatuur wordt voor de beoordeling gebruik gemaakt van diverse per land verschillende beoordelingsmethodieken. Thans is door de Europese Unie (EU) een richtlijn voor trillingen opgesteld: Directive 2002/44/EC van 25 juni 2002. Deze richtlijn is 6 juli 2002 gepubliceerd en de afzonderlijke lidstaten moeten deze richtlijn voor 6 juli 2005 in hun afzonderlijke wetgeving opnemen. Tot dan is men gehouden de stand der techniek toe te passen wat betreft trillingsreducerende maatregelen.

In de richtlijn van de EU wordt uitgegaan van de volgende grenswaarden:

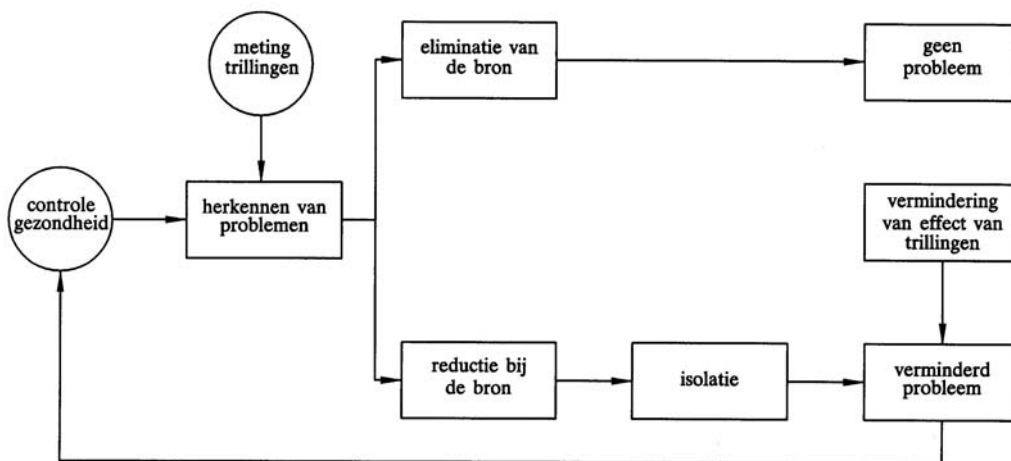
Tabel 1 Grenswaarden conform EU-richtlijn Directive 2002/44/EC van 25 juni 2002

Omschrijving	Maximum blootstellingswaarde	Actiewaarde
Handarmtrillingen - A(8) (gemiddelde waarde over werkdag)	5 m/s^2	$2,5 \text{ m/s}^2$
Lichaamstrillingen - A(8) (gemiddelde waarde over werkdag) of - VDV (Vibration Dose Value)	$1,15 \text{ m/s}^2$ $21 \text{ m/s}^{1,75}$	$0,5 \text{ m/s}^2$ $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$

4. Trillingsbestrijdingsplan

4.1 Algemeen

Voor het opstellen van een efficiënt trillingsbestrijdingsplan is een systematische aanpak noodzakelijk. In figuur 1 zijn de verschillende mogelijke onderdelen van een trillingsbestrijdingsplan aangegeven.



Figuur 1: Schema met mogelijke onderdelen van een trillingsbestrijdingsplan (ontleend aan [1])

Een trillingsbestrijdingsplan begint met het **herkennen van mogelijke problemen**. Hierbij kunnen de volgende gegevens gebruikt worden:

- kennis van de werking van gereedschappen en machines;
- opgave van trillingsniveaus door leveranciers;
- klachten van werknemers in het bedrijf of bij vergelijkbare bedrijven;
- meting van trillingen van gereedschappen en machines;
- bepaling van trillingsdosis van werknemers en toetsing aan grenswaarden.

Het niet of in mindere mate gebruiken (eliminatie) van de trillingsbron is de meest effectieve oplossing. Dit kan bijvoorbeeld inhouden dat activiteiten geautomatiseerd worden of dat bewerkingen door wijziging van het productieproces worden verminderd of geëlimineerd.

Uiteraard is eliminatie van de trillingsbron in de meeste gevallen niet mogelijk. Dan zal **reductie van de trillingen bij de bron** beschouwd moeten worden. Dit is in eerste instantie een zaak voor de fabrikant van gereedschappen en machines. De gebruiker kan bij de aankoop van nieuwe gereedschappen en machines selecteren op basis van fabrikant-gegevens. Daarnaast is van belang het goed onderhouden van gereedschappen en machines.

Isolatie van trillingen is in het algemeen ook een zaak voor de fabrikant van gereedschappen en machines. Door het toepassen van een verende tussenlaag ontstaat een massa-veer-systeem. Echter het toepassen van dergelijke maatregelen kan in sommige gevallen leiden tot een verslechtering van de situatie. Bij trillingen in de buurt van de eigenfrequentie van een massa-veer-systeem kan door opslingering zelfs een verhoging van de trillingen optreden. Voor toepassing van dergelijke maatregelen is derhalve het volgende vereist:

- kennis van de optredende trillingen van het gereedschap of de machine als functie van de frequentie;
- kennis van trillingsreductie van de verende tussenlaag als functie van de frequentie.

Dit houdt in dat het selecteren van trillingsisolatie weloverwogen moet plaatsvinden. Tevens kan voor sommige bewerkingen het gebruik van speciale trillingsisolerende handschoenen een verbetering opleveren voor de gebruiker.

Bij het **verminderen van het effect van trillingen** kunnen de volgende factoren beschouwd worden:

- instructie en training van gebruikers;
- verbeteren van werkomstandigheden zoals omgevingstemperatuur (witte vingers ontstaan sneller bij lagere temperaturen door vernauwing van de bloedvaten), werkhouding enzovoort;
- beperken van de duur van blootstelling aan hoge trillingsniveaus.

Het **registreren van de gezondheid** van de gebruikers van gereedschappen is van belang voor het herkennen van mogelijke problemen en voor het bepalen of de genomen maatregelen hebben geholpen.

Een zeer belangrijk onderdeel van elk bestrijdingsplan is **informatie en voorlichting**. Alle betrokkenen (managers, leidinggevenden, technici, medici en gebruikers) moeten geïnformeerd worden over de mogelijke problemen en de mogelijkheden voor het verminderen of volledig wegnemen van risico's.

4.2 Technische maatregelen

Het treffen van technische maatregelen is de meest effectieve manier om de gevolgen van trillingen te reduceren. Dit is in eerste instantie een zaak voor de fabrikanten van gereedschappen en machines. Bij de aankoop van gereedschappen en machines wordt in de praktijk nog weinig aandacht besteed aan de trillingen die een gereedschap produceert. In het kader van een trillingsbestrijdingsplan dient bij aankoop het criterium trillingen toegevoegd te worden. Bij selectie tussen verschillende fabrikaten/types dient gekozen te worden voor het gereedschap met de laagste trillingen, mits de productietijd vergelijkbaar is. Het heeft namelijk geen zin een gereedschap te kiezen dat iets minder trillingen produceert, als hierdoor de productietijd (en daarmee de blootstellingsduur) veel langer wordt. Hierdoor zou de onderzochte trillingsdosis zelfs kunnen toenemen. Bij het onderling vergelijken van leveranciersgegevens is verder van belang dat trillingsmetingen onder gelijke bedrijfscondities zijn verricht.

4.3 Organisatorische maatregelen

Organisatorische maatregelen die leiden tot een vermindering van gezondheidseffecten zijn:

- het toepassen van alternatieve bewerkingen die lagere trillingen veroorzaken; als voorbeelden kunnen genoemd worden:
 - slijpen in plaats van bikken bij het bijwerken van laswerk;
 - slagmoersleutels vervangen door niet-slaande moeraanzetters;
- het automatiseren van bewerkingen, bijvoorbeeld door toepassen van een robot of een afstandbediende manipulator;
- het verminderen van bewerkingen (bijvoorbeeld het verminderen van slijpbewerkingen door verbetering van de oppervlaktekwaliteit van gietstukken);
- verbeteren werkomstandigheden als werkhouding, temperatuur en luchtstroom over de handen;
- vermijden van roken van tabak vlak voor of tijdens het werken met trillend handgereedschap, omdat roken, net als koude, de bloedvaten vernauwt (eerder ontstaan van witte vingers);
- trainen en informeren van gebruikers van gereedschappen over de juiste werkwijze en werkhouding;
- beperken van de blootstelling aan trillingen door roulatie van gebruikers;
- het instellen van regelmatige perioden met werkzaamheden zonder trillingsbelasting van bijvoorbeeld enkele minuten per uur tussen werkzaamheden met hoge trillingsniveaus.

Het wezenlijk verminderen van de trillingsbelasting door verkorting van de blootstellingsduur vergt een relatief grote organisatie-inspanning. Het is effectiever om de optredende trillingsniveaus te reduceren.

4.4 Persoonlijke beschermingsmaatregelen

Persoonlijke beschermingsmaatregelen bieden een laatste mogelijkheid om gezondheidseffecten te verminderen als technische en organisatorische maatregelen niet mogelijk zijn of onvoldoende effect hebben. Echter het toepassen van dergelijke maatregelen kan in sommige gevallen leiden tot een verslechtering van de situatie (met name bij laagfrequente trillingen). Dit houdt in dat het selecteren van trillingsisolerende handschoenen weloverwogen moet plaatsvinden.

4.5 Medische voorzorgsmaatregelen

Medische voorzorgsmaatregelen vormen een aanvulling op het nemen van technische maatregelen. Als het niet mogelijk blijkt om met technische maatregelen de risico's van trillingsblootstelling voldoende te reduceren, is het aan te bevelen om de gezondheid van werknemers te controleren. Door het uitvoeren van een medisch onderzoek kan bepaald worden of het verantwoord is dat werknemers beginnen aan of doorgaan met werkzaamheden, waarbij ze aan hoge trillingsniveaus worden blootgesteld.

Een medisch onderzoek naar gezondheidseffecten van trillingen dient bij voorkeur uitgevoerd te worden voordat een werknemer begint met de werkzaamheden en op regelmatige tijden tijdens het uitvoeren van werkzaamheden.

Hierbij kan het volgende beschouwd worden:

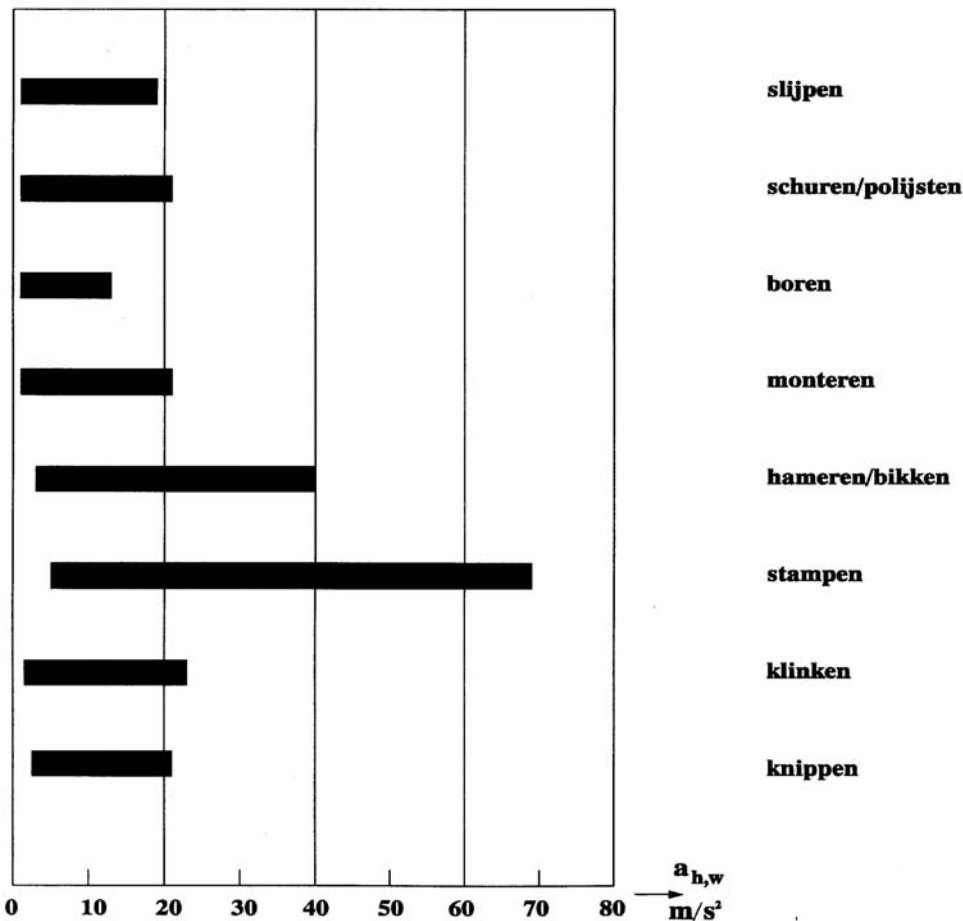
- het algemene medische verleden van de werknemer, met speciale aandacht voor het bloedvat- en zenuwstelsel en andere aandoeningen aan het bovenlichaam;
- arbeidsverleden, met name gericht op werkzaamheden met blootstelling aan trillingen;
- huidige aandoeningen die veroorzaakt zijn door handarmtrillingen.

Indien het voorgaande daartoe aanleiding geeft, kan één van de volgende medische onderzoeken uitgevoerd worden:

- uitgebreid medisch onderzoek met evaluatie van het bloedvat- en zenuwstelsel zonder speciale medische instrumenten;
- zogenaamde koude-provocatie-test om de mate van optreden van witte vingers te testen;
- röntgenologisch onderzoek van pols-, elleboog- en schoudergewricht, indien dit na uitgebreid medisch onderzoek noodzakelijk blijkt.

5. Praktijksituatie handarmtrillingen

In figuur 2 zijn voor een aantal bewerkingen in de metaalindustrie de optredende trillingsniveaus op de greeplocaties van gereedschappen weergegeven.



Figuur 2: Optredende trillingsniveaus op de greeplocaties bij diverse soorten bewerkingen in de metaalindustrie (ontleend aan [1])

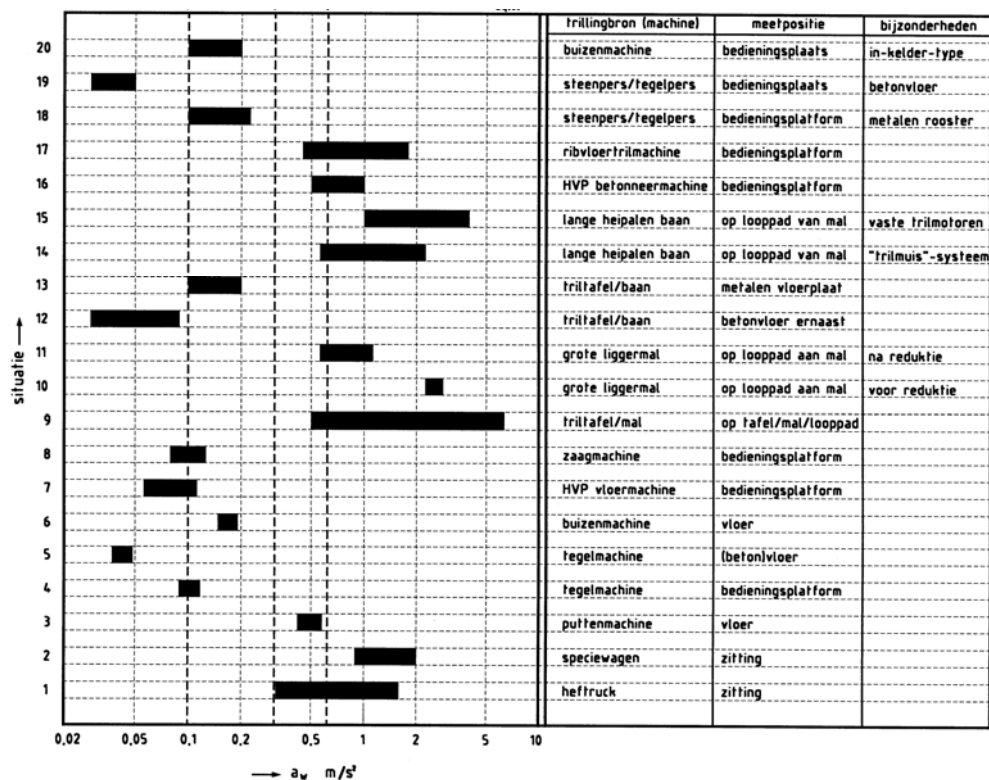
Voor bijvoorbeeld slijpen liggen de optredende trillingsniveaus tussen de 1 en 20 m/s². De trillingen bij slijpmachines worden veroorzaakt door de onbalans in slijpschijf/steen, de stootkrachten tussen werkstuk en slijpschijf/steen, de aandrijving en overbrenging van de machine of de wrijving tussen werkstuk en slijpschijf/steen. In tabel 2 zijn de mogelijke maatregelen voor slijpmachines vermeld.

Tabel 2 Mogelijke maatregelen voor slijpmachines

Inkoper	<ul style="list-style-type: none"> - Aanschaffen van slijpmachines met trillingsreducerende handgrepen - Aanschaffen van slijpmachines met toegevoegde massa aan de uiteinden van de handgrepen of op de beschermkap van de slijpschijf - Aanschaffen van slijpmachines met een zelfbalancerend systeem tussen de aandrijving en de bevestiging van de slijpschijf/steen - Stellen van trillingseisen aan de leverancier van slijpmachines
Gebruiker	<ul style="list-style-type: none"> - Voorkomen of beperken van het gebruik van slijpmachines door het productieproces te verbeteren - Gebruik slijpmachine met voldoende vermogen voor het werk - Gebruiken van goede kwaliteit slijpschijven - Slijpschijf/steen op de juiste wijze inspannen - Op tijd vervangen van versleten slijpschijven - Gebruiken van het juiste gereedschap - Werkstuk goed vastklemmen - Gebruiker trainen in juiste werkwijze - Gereedschap goed onderhouden - Het toepassen van goed werkende trillingsisolerende handschoenen - Verbeteren werkomstandigheden - Voorlichting en informatie

6. Praktijksituatie lichaamstrillingen

In figuur 3 zijn optredende lichaamstrillingsniveaus weergegeven, die op kunnen treden in de beton(producten)industrie. De trillingen worden met name veroorzaakt door de transportmiddelen (hefrucks en kranen), de stortwagens en het contact met triltafel, trilbanen en mallen.



Figuur 3: Optredende lichaamstrillingsniveaus in de beton(producten)industrie (ontleend aan [2])

De mogelijke voorzieningen zijn aangegeven in tabel 3.

Tabel 3 Mogelijke maatregelen voor de beton(producten)industrie

Trilafels, Brongericht	<ul style="list-style-type: none">- Verminderen van aanstootkrachten- wijzigen verdichtingsfrequentie- isolatie
Transportmiddelen, Brongericht	<ul style="list-style-type: none">- toepassen van luchtbanden in plaats van rubberen banden- toepassen van vlakke rijvloer zonder oneffenheden- snelheidsbeperking van rijdend voertuig- toepassen van een afgeveerde stoel
Stortwagens, brongericht	<ul style="list-style-type: none">- zo mogelijk voorkomen dat rijden plaatsvindt op trillende mal- toepassen van vlakke rijvloer of rail zonder oneffenheden
Overdrachtbeperkende maatregelen	<ul style="list-style-type: none">- Toepassen isolatie (let op vermijden van opslingering bij lage frequenties en toenemende trillingsniveaus van machines zelf)- Mechanisch ontkoppelen van trillende machines en verblijfplaatsen (apart funderen)

Epiloog

Door het opstellen van een trillingsbestrijdingsplan worden op een gestructureerde wijze de mogelijke problemen en de mogelijke maatregelen geïnventariseerd. Op deze wijze kan de mate van blootstelling van werknemers aan trillingen op een effectieve wijze worden gereduceerd. Een en ander zal naar verwachting nadere aandacht krijgen als de Europese richtlijn definitief wordt vastgesteld.

Literatuur

1. Handarmtrillingen in de metaalindustrie, uitgave ROM, Leidschendam
2. Geluid en trillingen in de betonproductenindustrie, publicatie ministerie Sociale Zaken en Werkgelegenheid S57-11, april 1993, M. Vercammen, J. Koopmans, M. Luykx

JO/RL700tekst+figuren.doc