

Beheersing industriële trillingen

ing. B. van der graaf (DGMR Bouw B.V.)*
 ing. D.A.S.M. Wessels (DGMR IV&M B.V.) *
 * Van Pallandtstraat 9-11, Arnhem, gf@dgmr.nl

Introductie

Industriële machines of installaties in de nabijheid van woningen en kantoren leiden meer dan eens tot trillingsklachten. Dit had voorkomen kunnen worden als vooraf in de planvorming een rationele beheersing van het risico had plaatsgevonden. Binnen het kader van de vergunningsaanvraag kan er nu niet op eenvoudige wijze (marginaal) getoetst worden of er een risico aan de orde is. Een eenduidig toetsingskader ontbreekt en ook bestaat er geen algemeen gehanteerde methode om een trillingsprognose op te stellen (rekenvoorschrift). Wel stelt de vergunningverlener soms als voorwaarde dat een trillingsmeting, direct na het in bedrijfstellen van de inrichting, duidelijkheid moet verschaffen. Helaas worden daardoor in het ontwerptraject veelal geen prognoses opgesteld en dus ook geen maatregelen (of voorbereidingen hiervoor) getroffen.

De klachten betreffen soms schade aan gebouwen maar veelal hinder voor personen in gebouwen. Hinderklachten kunnen daarbij optreden op betrekkelijk grote afstanden tot de bewuste 'trillingsbron', waarbij het aantal gehinderden met de afstand toeneemt. Bij het opstellen van trillingsveroorzakende machines wordt door constructeurs meer dan eens onvoldoende aandacht gegeven aan het trillingsaspect. Veelal wordt volstaan met het vertalen van de dynamische belasting naar een 'toeslag' op de statische belasting. Na een aantal jaren worden machines vaak ook vervangen door grotere en/of snellere versies, met als gevolg meer wisselkracht opwekking in de fundatie en fundering waarna trillingshinder voor omwonenden opeens kan ontstaan of nog sterker wordt. Veelal openbaart zich dit pas nadat de vergunning is afgegeven.

Op basis van een aantal praktijkvoorbeelden en een schets van mogelijke beheersingsmaatregelen wil DGMR de stelling poneren dat de vergunningverlener (vaker) een trillingsprognose vooraf moet bedingen. Niet alleen bij vergunningsplichtige bedrijven, maar soms ook bij 'AMvB inrichtingen' blijkt dit noodzakelijk te zijn. Een roep om een wet trillingshinder is wellicht een te grote stap, maar ons inziens moet de branche tenminste gaan pleiten voor een branchegericht attenderen bij de eerste 'vergunningen check' in het OmgevingsLoket Online (OLO). Bij de daadwerkelijke aanvraag moet er bij de beantwoording van de 'Trillingen' vraag ook gevraagd worden naar documentatie (verantwoording). Dit levert dan ook een automatische signaalfunctie in de bouw aanvraag procedure (inhoudelijke beoordeling). Een en ander maakt dat de 'partijen' dan vroegtijdig attent zijn op de risico's en kan er vervolgens een verantwoorde vergunningsprocedure gelopen worden, met minder verrassingen na de opstart.

Wet en regelgeving, richtlijnen

Burgerlijk Wetboek

In Boek 5 is gesteld dat een eigenaar van een erf niet in een onrechtmatige (volgens artikel 162 van Boek 6) mate of op een onrechtmatige wijze aan eigenaars van andere erven hinder mag toebrengen, door het verspreiden van rumoer, trillingen enz.". Kortom overmatige of buitensporige hinder bij derden veroorzaken mag niet. In artikel 162 Boek 6 van het BW wordt de onrechtmatige daad nader beschreven en eindigt hier dus de verdere concretisering van trillingshinder op wetniveau. Wel is er



Congres Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit 2010

nu in diverse AMvB's het een en ander geregeld ten aanzien van een toetsingskader en toepasselijkheid. Hier wordt verderop nader ingegaan.

Wet geluidhinder

In de oorspronkelijke versie werd aangegeven dat Trillingen een gelijk effect op personen oplevert als geluid. Om die reden zou een gelijkwaardige beheersing/aanpak toepasselijk zijn en kon dit volgens de wetgever in AMvB's 'gereguleerd' worden. Tot de komst van het Besluit algemene regels inrichtingen milieubeheer hadden de branches waarop het van toepassing was, een aparte paragraaf over trillingen in hun branchegerichte AMvB.

Bedrijven en milieuzonering

In de VNG publicatie 'Bedrijven en Milieuzonering' (tegenwoordig Paarse boekje) werden voorheen ter voorkoming van trillingshinder 'wenselijk' of 'noodzakelijk geachte' afstanden van dergelijke inrichtingen (volgens SBI-code) tot woningen benoemd. De aanbevolen afstand was afhankelijk van de aard van de bedrijfsactiviteit. In de uitgave van juli 1992 is de afstandentabel voor het aspect Trillingen komen te vervallen. De reden was dat deze afstand in de praktijk niet of nauwelijks werd gehanteerd en voor een bedrijfstype niet groter was dan die voor geluid.

Tegenwoordig is geluid een van de onderwerpen die algemeen geaccepteerd zijn om te onderzoeken in het kader van ruimtelijke ordening alsmede milieuvergunningen. Voor bepaalde industrieën ontstaat nu de situatie dat bij voorbaat voor geluid allerlei maatregelen worden getroffen. Hierdoor worden de karakteristieke hinderafstanden kleiner, waardoor in nieuwe situaties woningen worden geprojecteerd binnen de vroeger aanbevolen 'noodzakelijk geachte' afstanden met het oog op trillinghinder.

Vergunningverlening

Sinds voorjaar 2008 is het ministerie van Infrastructuur en Milieu (voorheen het ministerie van VROM en het ministerie van V&W) gestart met de tweede fase van de modernisering van de algemene regels. Doel van deze tweede fase is om nog meer vergunningsplichtige inrichtingen onder het Activiteitenbesluit te brengen. Op basis van onderzoek en overleg zijn bedrijfstakken en activiteiten geselecteerd die onder het Activiteitenbesluit kunnen worden gebracht. Omdat deze bedrijfstakken en activiteiten divers van aard zijn, is er voor gekozen om de tweede fase in drie tranches te verdelen. Uitgangspunt is dat alle inrichtingen, met uitzondering van installaties die vallen onder de IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control)-richtlijn en BRZO-bedrijven, onder het Barim vallen. Het kader voor het verlenen van een vergunning voor het in werking hebben van een inrichting is sinds 1 oktober 2010 de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo). Of een inrichting vergunningsplichtig is volgt uit het Besluit algemene regels inrichtingen milieubeheer of Barim. Wanneer blijkt dat een inrichting valt onder de werkingssfeer van het Barim type A of B, gelden algemene regels. Voor trillinghinder staan deze beschreven in afdeling 2.9, artikel 2.23. In dit artikel wordt aangesloten bij de methodiek zoals beschreven in artikel 1 van de Wet geluidhinder met betrekking tot geluidsgevoelige ruimte.

In geval van een type C inrichting, zal het bevoegd gezag een afweging moeten maken over de mate van trillingshinder. Echter hierbij is zij afhankelijk van de gegevens die de aanvrager verstrekt in zijn vergunningsaanvraag. Hiermee kan de vraag worden beantwoord of conform artikel 1.1., lid 2 Wet milieubeheer de gevolgen voor het milieu voldoende beschermd worden. Gelet hierop, dienen ook voorschriften aan de vergunning verbonden te worden die de nadelige gevolgen voor goederen, vanwege het in werking zijn van de inrichting, voorkomen of zoveel als mogelijk beperken. Onder deze nadelige gevolgen voor goederen wordt uiteraard ook schade aan opstallen van derden bedoeld.

Ten aanzien van trillingen is in de wet- en regelgeving minder expliciet gemaakt waar de wetgever zich op richt als minimaal aan te houden beschermingsniveau voor personen in gebouwen. Ook de wijze en diepgang van onderzoek bij een mogelijke hindersituatie (prognose, meten en beoordelen) is tot voor kort niet eenduidig vastgesteld. Momenteel wordt echter dankbaar gebruik gemaakt van de inmiddels al weer vele jaren in ontwikkeling zijnde Meet- en beoordelingsrichtlijn opgesteld door de Stichting BouwResearch te Rotterdam. Voor de daadwerkelijk toegestane trillingsterkte in geluidsgevoelige ruimten en verblijfsruimten, wordt verwezen naar de tabel 2 van de SBR-richtlijn, voor de gebouwfunctie wonen. Omdat echter geen expliciete uitgave gespecificeerd wordt en de SBR een autonome organisatie is, kan wijziging van de SBR-streefwaarden leiden tot gewijzigde rechten en/of plichten in Nederland. Hoe objectief gemaakt wordt dat een nieuwe inrichting met de daar in bedrijf te nemen machines aan het toetsingskader zal voldoen is in het geheel niet genormaliseerd noch gespecificeerd. Overdrachtberekeningen in analogie met het rekenen aan geluidsuitstraling volgens de HMRI zouden hiervoor benodigd zijn. Het moge duidelijk zijn dat met de huidige aanpak in de Barim zeker niet alles geregeld is.

SBR meet- en beoordelingsrichtlijn Trillingen, deel B Hinder voor personen in gebouwen

De SBR-richtlijn specificeert “streefwaarden” voor kortstondig optredende maximale trillingssterkte (V_{max}) en periodegemiddelde (V_{per}). Voor de perioden is aansluiting gekozen bij de aanpak voor geluid: dag-(07.00-19.00uur), avond-(19.00-23.00uur) en nacht-(23.00-07.00uur)periode. De SBR onderkent een aantal verschillende gebouwfuncties en type trillingen waarvoor aparte streefwaardentabellen zijn opgenomen. De Barim verwijst naar de streefwaarden in tabel 2 van de SBR-richtlijn voor de gebouwfunctie wonen, zie hieronder in tabel 1. Deze tabel 2 is toepasselijk voor continu trillingen, in nieuwe en bestaande situaties.

Tabel 1
SBR richtlijn Trillingen deel B tabel 2 streefwaarden voor continu trillingen
in nieuwe en bestaande situaties ter voorkoming van hinder

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
bijeenkomst	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingsterkte V_{max} ;
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$.

Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening

Deze handreiking is opgesteld door het toenmalige (oktober 1998) directoraat-generaal Milieubeheer van het ministerie van VROM als aanbeveling aan de vergunningverlener, maar stelt gelijktijdig dat het ‘geen’ juridische grondslag betrof. Deze handreiking verwees ook naar de SBR-richtlijn Trillingen, toen nog de oude versie deel 2 Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, voor wat betreft de definitie van de meetparameters en overige meettechnische en analyse methoden. Voor de limieten werd echter een eigen definitie en getalwaarden voorgesteld voor de toetswaarden, zijnde: A1= richtwaarde (voor de V_{max}) terwijl A2 en A3 grenswaarden (voor de V_{max} en V_{per}) zouden moeten behelzen. Verder werd gepropageerd dat er, in afwijking op de SBR-aanpak (limieten afhankelijk van de gebouwfunctie), voor de woonfunctie feitelijk nog limieten op basis van gebiedstypering aangehouden zouden kunnen worden. De gebiedstypering (geheel) en de getalwaarden voor de richt- en grenswaarden grotendeels, werden overgenomen uit de DIN 4150 Teil 2 (1992). In tegenstelling tot de aanpak volgens de DIN, werd er toch een differentiatie aangehouden voor de dag- en avondperiode. Volgens de Handreiking zijn de aanbevolen richt- en grenswaarden (tabel 8) hieronder in tabel 2 integraal gepresenteerd.

Deze richt- en grenswaarden zijn bedoeld voor de beoordeling van trillingen in woningen en andere typen trillingsgevoelige bestemmingen overeenkomstig geluidsgevoelige bestemmingen.

Tabel 2
Handreiking Industrielawaai en vergunningverlening richt- en grenswaarden
tabel 8: ten aanzien van de beoordeling van trillingen in woningen

Nr.	Omschrijving	Richt- en grenswaarden						
		dag en avond (07.00-23.00 uur)				nacht (23.00-07.00 uur)		
		A1	A2		A3	A1	A2	A3
			dag	avond				
1	woningen in landelijke gebieden, gebieden voor extensieve recreatie	0.1	2	1	0.05	0.1	0.15	0.05
2	woningen in landelijk gebied met veel agrarische activiteiten, in woonwijken en in stadscentra	0.15	2.5	1.5	0.07	0.1	0.2	0.05
3	woningen in gebieden waarin noch overwegend woningen, noch overwegend bedrijven gevestigd zijn	0.2	4	2	0.1	0.15	0.3	0.07
4	woningen in gebieden met overwegend bedrijfsmatige activiteiten	0.3	5.5	3	0.15	0.2	0.4	0.1
5	woningen op industrieterreinen	0.4	6	4	0.2	0.3	0.5	0.15

In de praktijk blijkt deze aanbevolen aanpak qua limietstelling wel gehanteerd te worden, maar in de kwesties waar wij ondersteund hebben was dit nauwelijks het geval. Ook zijn de in vergunningen opgenomen limieten behorende bij de woonomgevingen typen 4 en 5 steeds vernietigd bij de Raad van State omdat er geen gerichte verantwoording aan ten grondslag lag.

BREF's

Een BREF is een BAT (Best Achievable Technique) REferentie document waarin de beste beschikbare technieken (BBT) worden beschreven. Vanaf 31 oktober 2007 moeten alle installaties die onder de reikwijdte vallen van de IPPC-richtlijn van de Europese Unie, voldoen aan deze richtlijn. Het bevoegd gezag is verplicht om bij het verlenen van een vergunning in ieder geval rekening te houden met de aangewezen BBT-documenten (Voorheen werd dit geregeld in de Regeling aanwijzing BBT-documenten). Deze regeling vervalt van rechtswege aangezien de grondslag van deze regeling met de komst van de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (WABO) is vervallen. Sinds 1 oktober 2010 is de verplichting om rekening te houden met aangewezen BBT-documenten opgenomen in artikel 9.2 van de Ministeriële Regeling Omgevingsrecht (MOR). De verticale BREF's beschrijven technieken die specifiek zijn voor een bepaalde branche, maar daarnaast zijn ook nog horizontale BREF's beschikbaar. Hierin worden activiteiten en installaties beschreven die brancheoverschrijdend zijn. Echter in deze documenten wordt op dit moment nog niet stilgestaan bij trillingshinder risico's.

Praktijkvoorbeelden

In tabel 3 zijn de belangrijkste kenmerken van een aantal aansprekende trillingshinder kwesties uit onze praktijk gepresenteerd. Het blijken steeds bedrijven en/of bedrijfsmachines te zijn die al jaar en dag (zie groene boekje) als dé typische trillingveroorzakende branches herkend worden. Voor zover wij kunnen overzien treedt het merendeel van de kwesties op in het midden en oosten van Nederland. Slechts in enkele gevallen bleek de afstand tussen bron en ontvanger wel heel klein te zijn. Hierna worden de kenmerken van de 'bron' en de ontvanger nader besproken.

Tabel 3
Overzichtstabel praktijk voorbeelden hinderonderzoeken industriële trillingen

	Bedrijfstype	AVI slakken metaal recycling	Betonverwerking (puin)	Afvalverwerking (puin)	Gieterij	Papierfabriek	Gieterij	prefab beton fabriek
	apparaat	sink/float trilgoot	mobiele puinbreker (shovel en vrachtwagens)	puinbreker: mobiele puinbreker+schudzeef (onbalans-motor) + 2 loopbanden	krukas gedreven trilgoot (afschudden vormzand)	diverse machines	onbalansmotor op resonantietafel (transport (tril)band) +/- 23 (max. 67) kN	diverse machines en vorkheftrucks
isolatie	aandrijfmotor apparaat	nee nee	deels nee	onbekend onbekend	nee nee	nee nee	nee nee	nee nee
	fundatie fundering	betonnen vloer betonplaat 'op staal'	verrijdbare stalen constructie betonplaat 'op staal'	bodem betonplaat 'op staal'	betonnen vloer betonplaat 'op staal'	onbekend betonplaat 'op staal'	lage betonnen sokkel op betonnen vloer betonplaat 'op staal'	onbekend betonplaat 'op staal'
	bodem	bovenste 1,5 à 2 m leem op zand	lichte klei met homogeen profiel, klei op grof zand	bovenste 1,5 à 2 m leem op zand (daaronder stuwwallen en kleileem koppen)	keileem en zand	klei op grof zand, grof zand	tot -3,5 m: zand met dunne slappere laag humeus en beekklei/veen	zand stuwwal
	afstand [m]	12	30 à 40	95-145 en 12	50-85	100 à 110	75	> 50
	Woning of kantoor	K	W	K	K	W	W	W
begane grond	constructie	metselwerk op staal	?	kanaalplaat in metselwerk	betonvloer op staal	houten vloer in metselwerk	houten vloer in metselwerk	betonvloer in metselwerk
	V _{max} V _{per}	- -	- -	- -	0,25 (verticaal) 0,08	- -	- -	0,45 (V) 0,03 (V)
1ste verdieping	constructie	staalbetonvloer op staalconstructie	houten vloer in metselwerk	kanaalplaat vloer op staalconstructie	kanaalplaat vloer op staalconstructie	houten vloer in metselwerk	houten vloer in metselwerk	betonvloer in metselwerk
	V _{max}	0,75 (V)	0,4 - 0,75 (V) 0,04-0,08 (V)	0,5 en 2,2(V)	0,46 -0,56 (V)	0,4 (H) 0,12 (V)	0,4-0,45 (H) 0,17-0,3 (V)	0,65 (V) 0,23 (H)
	V _{per}	0,22 (V)	0,02-0,14 (H)	0,12 en 0,33 (V)	0,13 (V)	0,17(H) 0,05 (V)	0,09-0,15 (V)	0,05 (V) 0,02 (H)
dom. Frequentie (gebied) [Hz]				-	7 - 30 Hz			
Toetsingskader	SBR of Handreiking	SBR	SBR	SBR	SBR	SBR + maatwerk	SBR	SBR
Opmerkingen	0	langdurige hinder, geen maatregelen	gemeten nabij tussenmuur (V lager dan H)	0	sterk LF-geluid 17,5 Hz	langdurige procedure, bij meerdere woningen gemeten	-	nabije woning niet, bij gemeten woningen de max.

De bron

In de gevallen waar trillingshinder klachten onderzocht moesten worden bleken de volgende oorzaken aangewezen te kunnen worden:

- a) De verantwoordelijke machines bleken alle een werkingsprincipe met sterke “vrije krachten en momenten”, continue of impuls vormig, te hebben
- b) de bewuste apparaten waren niet (juist) geïsoleerd van de bouwkundige fundatie;
- c) er was geen palenfundering aanwezig.

Ad. a) Leveranciers van dergelijke apparaten moeten de te verwachten dynamische krachten en momenten op de fundatie expliciet vermelden, hierbij moet de frequentie(s) van deze bronsterkte vermeldt worden. meestal betrof het trilmotoren, soms krukassen met drijfstanen en ‘vrije val’ verschijnselen in trommels.

Ad. b) Bij een aanmerkelijk aantal van de trillingshinder kwesties waren er wel degelijk stalen schroefveren in de machine toegepast. Bij een groot aantal bleken deze echter niet een isolerende maar een resonerende functie te hebben. De frequentie van de tril(schud)motoren is in die toepassing dicht bij de afveer frequentie gekozen, waardoor er met een betrekkelijk kleine onbalanskracht een grote trillingsamplitude in het apparaat kan worden opgewekt. Hoge amplitudes in het apparaat leiden bij resonantie ook tot hoge krachten en momenten op de fundatie. Dergelijke ontwerpuanances worden niet zo maar opgemerkt. Alleen een deskundige weet dergelijke machinekenmerken te herkennen en aanvullende gegevens op te vragen. In veel gevallen kan bij het verend opstellen van machines op een dikke betonvloer, eventueel aangevuld met een lokale sokkel of een fundatieblok, volstaan worden met een fundering ‘op staal’. Dit moet op basis van een dynamische berekening wel zeker gesteld worden. Een belangrijke rol speelt dan de bodem stijfheid. Als de bodem te slap blijkt te zijn, kan door het toepassen van een palenfundering wel voldoende ‘impedantie’ onder de isolatoren gecreëerd worden.

Ad. c) Bij grote productlijnen is verend opstellen niet eenvoudig. In die gevallen moet dan extra zorg besteed worden aan het minimaliseren van vrije krachten en momenten en is het toepassen van een palenfundering opportuun.

Een lange bedrijfsduur bleek verantwoordelijk voor een hoge gemiddelde effectieve waarde over de beoordelingsperiode (V_{per}), terwijl start/stop verschijnselen, (intern) transport en het afzetten van zware lasten voor forse verhoging van de hoogste trillingsterkte (V_{max}) kunnen leiden.

Personen in gebouwen

In het algemeen is duidelijk geworden dat de hinder niet beperkt blijft tot korte afstand tot de bron. Meestal bleek er hinder op forse afstanden van wel 50 tot boven 100 m aan de orde te zijn.

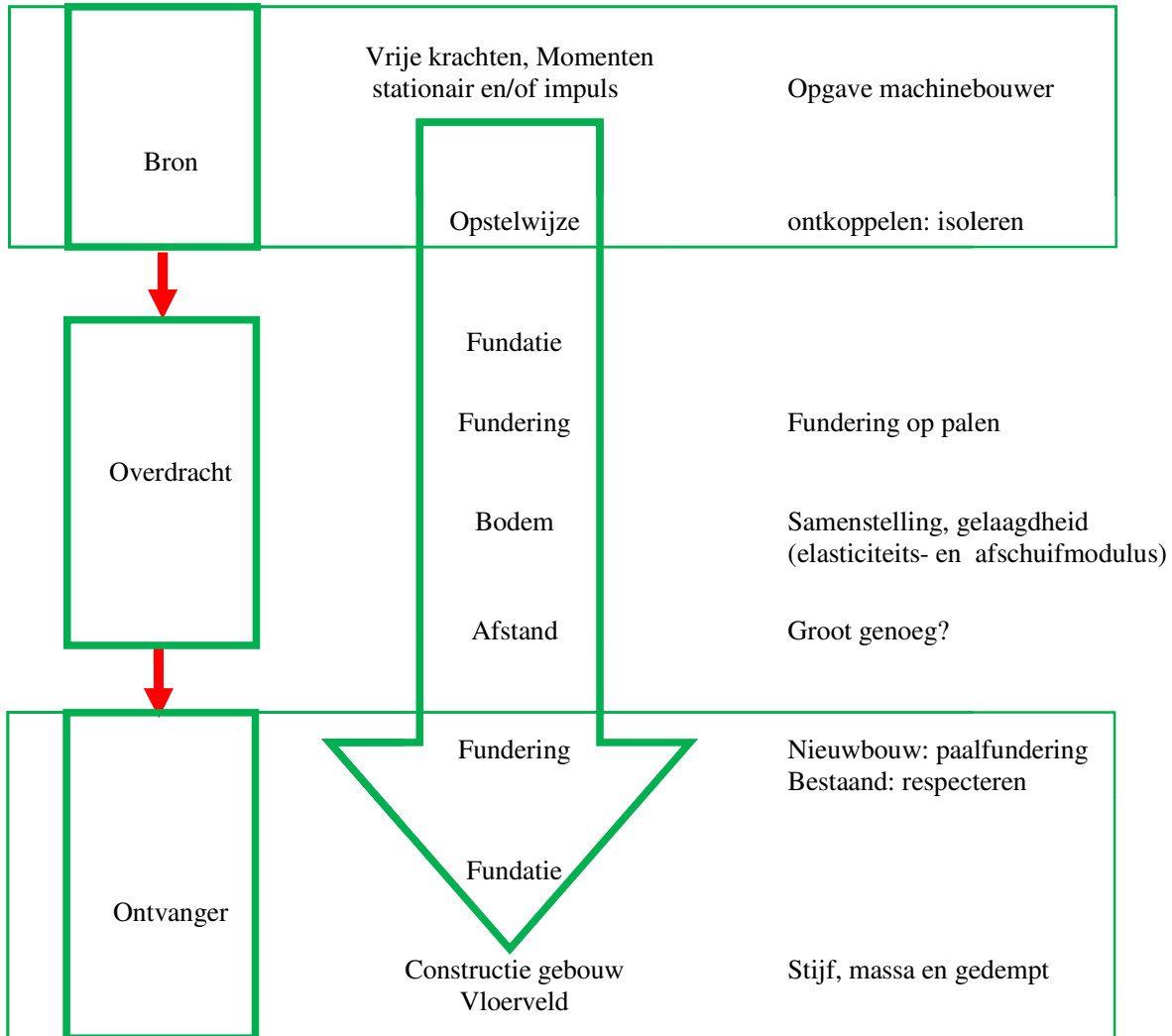
In de diverse gebouwen zijn goed voelbare trillingen waargenomen. De meest hinderlijke situaties deden zich voor op de verdiepingsvloeren. Dit werd vooral bepaald door de constructie van het vloerveld (hout of staalplaat beton) en de ondersteuning (kolommen en balken) in staal. Staal bezit weinig inwendige demping. In enkele gevallen trad er ook op grote afstand een ‘rol beweging’ van de gebouwmasa (woningen) op de bodemstijfheid op. Dit betroffen toen woningen gefundeerd ‘op staal’. Op de begane grond waren veelal duidelijke lagere trillingsterkte aan de orde en was er volgens de SBR-criteria geen hinder aan de orde. Meestal betrof het een toetsingskader volgens de SBR tabel 2.

Rationele beheersing van de Techniek

De overdracht van machine naar belending

In vakliteratuur wordt het in figuur 1 getoonde overdrachtmodel vaak aangetroffen. Hierin wordt het pad getoond waarlangs trillingen van bron ‘overgedragen’ worden naar de fundatie, de fundering, de bodem tot en met de ontvangende constructie waar hinder voorspeld moet worden. Per element is in de rechter kolom zijn opmerkingen geplaatst over de herkomst van gegevens en

welke 'principemaatregelen' er getroffen kunnen worden. Verder op wordt een en ander nader toegelicht.



Figuur 1: Overdrachtmodel trillingen van apparaat(bron) via bodem naar ontvangerlocatie in gebouw.

De Bron en opstelling

De te beoordelen bronsterkte, in de vorm van vrije krachten en momenten uitgeoefend op de bodem, is een betrekkelijk eenvoudig te berekenen aspect van de machines/apparaten. Dit kan op basis van de theoretische mechanica en kinematica nauwkeurig rekenkundig bepaald worden. Van oudsher behoren machinefabrikanten de vrije krachten en momenten, de massa, de zwaartepuntligging en eventueel de massatraagheid (rond 3 assen) van hun machines op te geven. Zonder deze gegevens kan er feitelijk geen fundatie geconstrueerd worden. Verder speelt een grote rol of een apparaat vast of verend wordt opgesteld. Als het apparaat verend opgesteld wordt kan de dynamische belasting op de fundatie nagenoeg naar nul gebracht worden. Feitelijk tendeert de machinebouw nu voor eenvoudige roterende apparaten naar verende opstelling omdat daarmee het apparaat bij de lagers en ondersteuningspunten lichter uitgevoerd kan worden. Verend opstellen is dan een extra verkoopargument (nauwelijks belasting op omgeving), maar ook een kostenbesparingmotief. Hierdoor zijn voor een typische machines die trillingen opwekken 'standaard' ook isolatoren en opstelframes

beschikbaar. Voor beide situaties moet de machineontwerper de vrije krachten en momenten van het werkingsprincipe van zijn machine bepalen. Dit met het oog op de sterkte, stabiliteit en levensduur. Als de wetgever zou besluiten om industriële trillingen te beheersen door het stellen van limieten aan de vrije krachten en momenten (emissie of bronsterkte) op de bodem ter plaatse van de machine opstelling, dan dit nauwelijks consequenties hebben voor de marktpartijen. Immers alle reken algoritmen zijn al meer dan 100 jaar bekend.

Verende opstelling

Zoals hiervoor al vermeld kan een verende opstelling de bronsterkte van een trillingsbron op de 'interface' met de fundatie sterk verminderen. Men redeneert vaak in termen van 80% tot 99,9% reductie. In die gevallen is de afveer frequentie van de verende opstelling tenminste enkele malen lager dan de stoofrequentie van de vrije krachten en momenten in de machine. Voor het bepalen van de isolatie van verende opstellingen zijn er tegenwoordig zeer geavanceerde rekenmodellen beschikbaar, tegen een zeer schappelijke prijs(< € 250,--). Ook kan men daarvoor bij de gerenommeerde leveranciers van trillingsisolatoren terecht.

Bij sommige machines wordt echter de werkfrequentie van de machine nabij de afveer frequentie gekozen. In zo'n geval levert het draagveren pakket echter geen enkele isolatie(reductie) maar wel versterking van de vrije krachten en/of momenten op! Het is niet uitgesloten dat in een aantal van de door DGMR onderzochte kwesties men bij de installatie van de productlijn, vele jaren terug, een verkeerde 'beoordeling' van de waargenomen stalen draagveren heeft gemaakt.

Emissie bronsterkte van een apparaat

Daar waar in de toekomst gesproken wordt over de trillingsbronsterkte van apparaten zal dit steeds moeten omvatten:

- de vrije krachten en momenten die in een machine worden opgewekt;
- de massa en massastraagheidsmomenten van de machine;
- (indien van toepassing) de specificatie van de verende opstelling.

Al deze gegevens behoren zonder enige moeite door de fabrikant/leverancier verstrekt te kunnen worden.

De fundatie en fundering

De fundatie is feitelijk de ondersteunende constructie om de statische (massa) en dynamische belasting van de machine af te steunen naar de ondergrond. De primaire ontwerpdoelstellingen hierbij zijn: het voorkomen van verzakking en overbelasting (schade risico) van de fundatie. Afhankelijk van de functie, de proces randvoorwaarden en de bodemgesteldheid kan gekozen worden uit een variëteit aan 'oplossingen'. Voor nadere omschrijving wordt verwezen naar een publicatie van de auteur in het blad Geluid, zie referentie [1].

Bij trillingsopwekkende machines blijkt in een aantal gevallen een fundering op palen noodzakelijk. Dit heeft als doel de machine 'star' af te steunen op een dieper gelegen dragende laag in de bodem. Hiervoor komen in principe alle paaltypen in aanmerking. Het dynamisch gedrag (buig trilvormen) van de palen moet wel vooraf beoordeeld worden op toepasselijkheid. Hierbij dient als uitgangspunt de te verwachten dominante stoofrequentie van de machine/apparaat, zijnde de vrije krachten en/of momenten van de bewegende delen van de machine. Deze stoofrequentie zal tenminste een factor 2 à 3 lager moeten zijn dan de Eigen trilvormen van de machinesokkel (bij vaste montage ook de machinemassa) in combinatie met de stijfheid van paalfundering en bodem. Afhankelijk van de richting en grootte van de vrije krachten en momenten van de bron kunnen naast verticale ook 'in schoor' geplaatste funderingspalen toepast moeten worden. Over dit type fundering maar ook het afdragen van krachten naar de bodem in het algemeen, is gedurende tientallen jaren uitgebreid onderzoek gedaan en zijn er meerdere rekenmodellen voor het dynamisch gedrag

beschikbaar. In combinatie met de uitgeoefende vrije krachten en momenten kan dan een voorspelling van de trillingsterkte in de bodem gedaan worden.

Als het apparaat goed verend opgesteld wordt kan er echter vaak volstaan worden met een fundering 'op staal'. Dit hangt echter af van de bodemgesteldheid. Dit moet altijd op basis van berekening zeker gesteld worden.

Complete overdracht model van bron naar ontvanger

Het complete overdrachtmodel van bron tot en met ontvanger is zeer complex. Met name de bodem is moeilijk voorspelbaar door onbekende samenstelling en gelaagdheid en de overgangen tussen bodem en constructieve elementen (fundaties). Dit is een van de redenen waardoor er nog geen genormaliseerd rekenvoorschrift voor handen is. Met een zogeheten Eindige elementen Methode (EEM) rekenpakket kunnen echter wel redelijk betrouwbare voorspellingen met computers gemaakt worden. Rond vereenvoudigde relaties van trillingoverdracht door bodemtypen gebaseerd op EEM berekeningen (bodemmodellen), zijn inmiddels al wel een aantal trillingprognose programma's op de markt verschenen. Hiermee kan men de trillingsimmissie van verkeerspassages over drempels en het intrillen van damwanden in gebouwen berekenen. Het is zondermeer mogelijk om een dergelijke sterk vereenvoudigde rekentechnische aanpak, gebaseerd op geabstraheerde EEM- modellen van een aantal typische 'bodemprofielen' ook voor industriële trillingsprognose te hanteren. Tot die tijd kan het voor een aantal kwesties sowieso toch lonen om een uitgebreid EEM-model op te zetten.

Pleidooi

Wettelijk kader(1) toetsingskader, limieten

Via het burgerlijk wetboek, de wet milieubeheer, de Wabo en het Barim word verwezen naar de richtlijn Trillingen van de Stichting BouwResearch (SBR). voor grenswaarden. Hetzelfde geldt voor de VROM Handreiking industrielawaai en vergunningverlening (geen juridische status). De SBR-richtlijn vervult nu een zekere rol als toetsingskader in termen van 'immissie' eisen. De handreiking wordt soms gebruikt, maar kan niet overal tot aanvaardbare oplossingen leiden. Doordat de SBR ook aan verandering onderhevig is en hierop niet genormaliseerd invloed uitgeoefend kan worden, lijkt het 'optillen' van de inmiddels geaccepteerde 'streefwaarden' naar een meer algemeen gedragen NEN of NEN-EN-ISO norm gewenst. Het is niet uitgesloten dat een uitbreiding op de ISO 2631-2 hier dé oplossing kan blijken te zijn. Momenteel ontbreekt in deze norm nog een beoordelingsparameter voor de langtijd gemiddelde trillingsterkte.

Daarnaast is het ook te overwegen om te kiezen voor een stelsel van bronsterkte (emissie) eisen die gerelateerd zijn aan de situatie kenmerken: locatie ten opzichte van 'trilling' gevoelige bestemming en de bodemgesteldheid. Om te komen tot een dergelijk stelsel is een breed onderzoek (theoretisch en experimenteel) benodigd. Dit moet dan uitmonden in een rekenvoorschrift. Het bepalen van de emissiesterkte van een machine en zijn opstelwijze is daarentegen al een 100% bekende techniek, geavanceerde rekenprogrammatuur is voor handen.

Wellicht kunnen de BREF's of BBT-voorschriften ten aanzien van meest wenselijk geachte werkingsprincipes en de daarbij karakteristiek toepasbaar geachte trillingsbeheersing maatregelen (meerdere opties), uitgebreid worden.

Wettelijk kader(2) toetsingkader, rekenvoorschrift

Hoewel de trillingsuitbreiding in de bodem complexer is dan de geluidsuitbreiding door de lucht, kan ook dit met behulp van Eindige Elementen Model (EEM-berekeningen) teruggebracht worden tot een aantal karakteristieke bodemmodellen, die als 'black box' in een eenvoudige rekenmodel verwerkt kunnen worden. Een dergelijke aanpak is gehanteerd in prognosemodellen voor trillingsimmissies ten gevolge van het in trillen van damwanden en verkeerspassages over drempels (VP Damwand en VP Drempel).

Wettelijk kader(3) regulering en OLO

Zoals aangegeven bij de wet- en regelgeving is het ministerie Infrastructuur en Milieu gestart met de modernisering van de algemene regels. Het doel hiervan is om nog meer vergunningsplichtige inrichtingen onder het Activiteitenbesluit te brengen. De tweede tranche bevat ook een wijziging van het Besluit omgevingsrecht (Bor). De bijlage 1 van het Activiteitenbesluit is met de inwerkingtreding van de Wabo namelijk in het Bor ondergebracht.

In deze tweede tranche zitten ook bedrijven die potentiële trillingsbronnen hebben, te denken valt aan recyclingbedrijven. Met de inwerkingtreding van de tweede tranche, naar verwachting op 1 januari 2011, vallen deze bedrijven, mits niet BRZO of IPPC, onder het Barim. De derde tranche brengt nog meer bedrijven onder het Barim. Hierbij zitten inrichtingen als spoorweg emplacementen, scheepswerven en de betonindustrie. Het is dan aan de vergunningverlener om in te schatten welke aspecten belangrijk zijn en waar gekozen wordt voor maatwerkvoorschriften.

De internetmodule voor het Activiteitenbesluit is branche gestuurd, daarmee is het mogelijk een vragenboom te doorlopen die gericht is op een speciale branche of activiteit. Als een bedrijf een milieuvergunning aanvraagt dan wordt hierbij gekeken naar de activiteiten. Deze beide zaken hebben als doel het benaderen van de potentiële (hinder)bron(nen). Op dit moment is het niet mogelijk om met het omgevingsloket (OLO) branchegericht een aanvraag te benaderen. Het aanvragen van een vergunning voor het uitvoeren van een milieuactiviteit zorgt min of meer standaard voor circa 22 rubrieken die te beantwoorden zijn. Voor enkele rubrieken volgt na het beantwoorden van de standaard vraag een in te vullen nadere specificatie, bijvoorbeeld: de hoeveelheid waterverbruik. Voor geluid alsmede trillingen wordt alleen de vraag gesteld of hinder te verwachten is en vervolgens, of een onderzoek is uitgevoerd. Wanneer op beide 'ja' wordt geantwoord zal in het bijlage tabblad het betreffende onderzoek als indieningvereisten genoemd worden. Word nu op vraag 1 "ja" beantwoord en op vraag 2 "nee", dan zou je kunnen aannemen dat de aanvrager zich bewust is van het onderwerp, maar dat een onderzoek nog niet is uitgevoerd.

Als daarentegen voor notoire 'risico' branches in OLO negatief geantwoord wordt op de vraag aangaande het mogelijk veroorzaken van trillingen, dan moet dit ons inziens ondersteund worden door een stellige verklaring van het werkingsprincipe van de machines en opgave van de vrije krachten en momenten van de typische trilling veroorzakende apparaten. Aan de hand van hetgeen de aanvrager indient zal de vergunningverlenende instantie een inschatting moeten maken van de mate te verwachten hinder. Hiertoe is het ontwikkelen van een gerichte leidraad zondermeer wenselijk. Door het OLO branchegericht te benaderen wordt de vergunningverlener een handreiking geboden in het signaleren van potentiële milieuhinder. Immers zoals hiervoor geconstateerd, is trillingshinder lang niet voor alle activiteiten een hindercomponent.

Belangrijk is wel het onderscheid tussen een nieuwe en bestaande activiteit. Zoals eerder genoemd is het makkelijker om in nieuwe situaties voorzieningen te treffen in relatie tot trillingen dan bij bestaande situaties. In een bestaande situatie zal niet zomaar een proces of productielijn stilgelegd kunnen worden, om de noodzakelijke voorzieningen achteraf nog te treffen. Hiervoor dient in de OLO en/of de gepropageerde leidraad terdege geappelleerd te worden.

Meer dan eens dreigde er in de besproken praktijkvoorbeelden stillegging van de activiteit door de handhaver. Met de inmiddels opgebouwde jurisprudentie en deskundigheid bij partijen wordt steeds minder gedoogd. Een meer rationele beheersing van de techniek en regelgeving is dus zeker gewenst.

Bronvermelding

[1] B. van der Graaf, Trillingshinder door productiemachines, Geluid september 2003