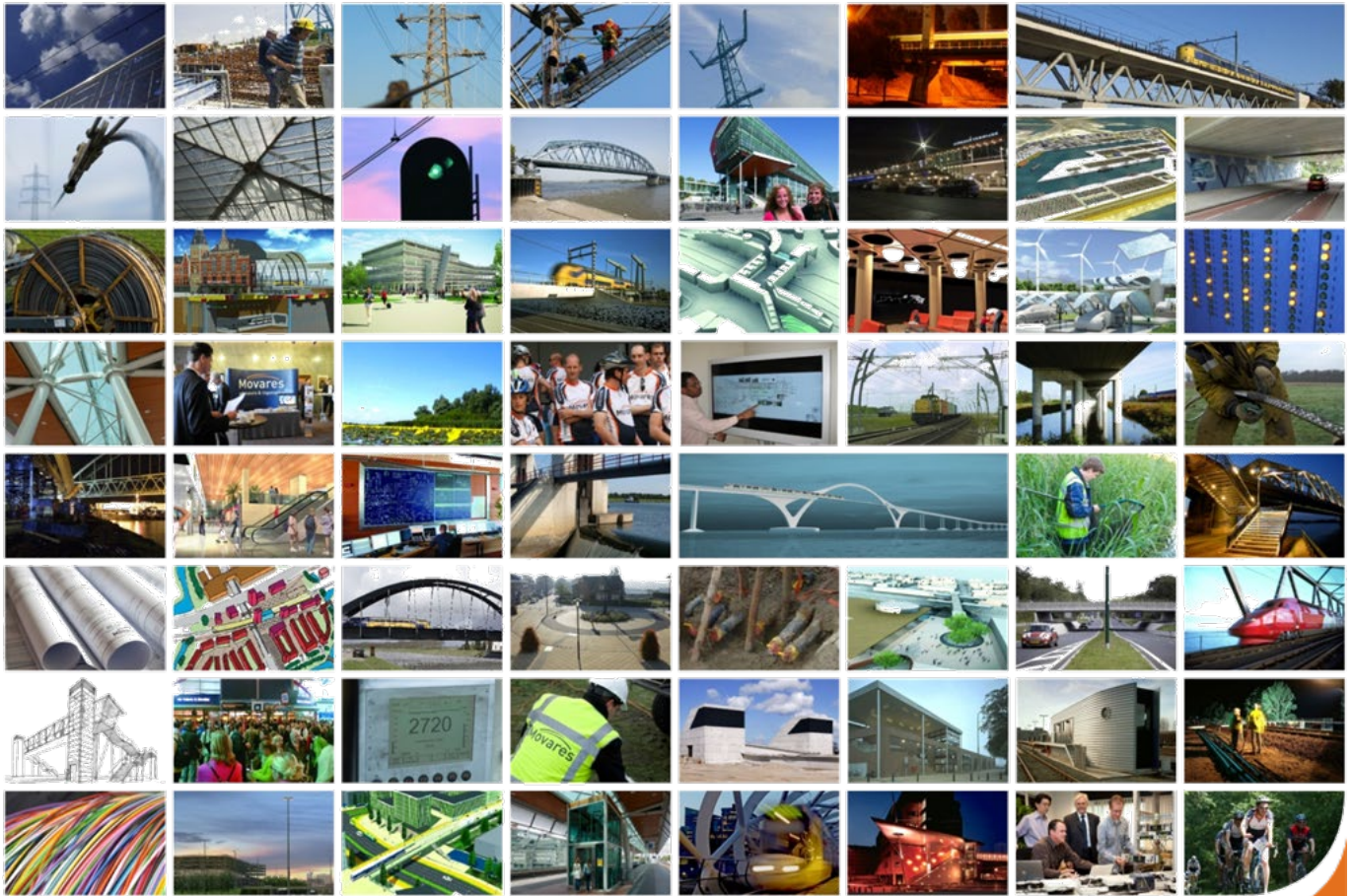




Knelpunteninventarisatie

4 maart 2014- Versie 3.0

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Uitgangspunten trillingsonderzoek	4
1.1 Verkeersintensiteiten 2020	4
1.2 Afstand tot woningen	4
2 Toetsingskader	7
2.1 SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)	7
2.1.1. Interpretatie toetsingswaarden	7
2.1.2. Uitgangspunten toetsingswaarden	8
2.1.3. Mate van hinderbeleving bij trillingsniveau	9
3 Empirisch prognosemodel	11
3.1 Valproefmetingen	12
3.1.1. Resultaat valproef bij Egginklaan	12
3.1.2. Resultaat valproef bij Koningin Wilhelminalaan	13
3.2 Maaiveldmetingen	13
3.3 Parameters trillingsmodel huidige situatie	16
3.4 Parameters trillingsmodel toekomstige situatie	17
3.5 Bepaling trillingsniveau in gebouwen	18
3.6 Bepaling maximale trillingssterkte over beoordelingsperiode Vper	18
3.7 Betrouwbaarheid trillingsprognose	18
4 Resultaat prognose en beoordeling	20
4.1 Trillingsprognose	20
4.2 Beoordeling trillingsprognose	22
5 Conclusie en advies	24
5.1 Advies	24
Colofon	25

Bijlage I SBR trillingsrichtlijnen Deel B, hinder

Inleiding

De gemeente Utrecht werkt aan een HOV verbinding vanaf Utrecht CS naar Leidse Rijn, de Zuidradiaal. Ten behoeve van de Zuidradiaal wordt er een nieuwe HOV busbaan aangelegd van het Anna Frankplein tot de Prins Clausbrug.

Dit rapport behandelt de trillingseffecten van de nieuwe busbaan over het laatste gedeelte van de Overste den Oudenlaan, de Koningin Wilhelminalaan en de Churchilllaan ten hoogte van de Marshallaan tijdens de exploitatiefase.

De aanpak van het onderzoek sluit aan op de aanpak van trillingsonderzoeken zoals die ook voor ProRail worden uitgevoerd bij spooruitbreidingsprojecten. In deze aanpak bestaat een trillingsonderzoek uit verschillende stappen die achtereenvolgens worden doorlopen. De stappen hebben een steeds grotere nauwkeurigheid, waarbij de gewenste nauwkeurigheid het grootst is voor de locaties met de grootste kans op trillingshinder. Het gaat om de volgende stappen:

1. Inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden, o.b.v. Expert Judgement (quick scan);
2. Knelpunteninventarisatie aan de hand van indicatieve meting en empirische prognose;
3. Nauwkeurige trillingsprognoses voor uitwerken maatregelen;
4. Ontwerpen van maatregelen en afweging van varianten.

Dit rapport bevat stap 2 van bovenstaande stappen, de knelpunteninventarisatie. Uit de eerder uitgevoerde de quick scan¹ volgt voor welke locaties de knelpunteninventarisatie wordt uitgevoerd:

Locatie	Kenmerk overschrijding
Overste den Oudenlaan 52-58	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht
Krikkelaan 2	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht
Egginklaan 2	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht
Overste den Oudenlaan 21-35	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht, maar toename < 30%
Koningin Wilhelminalaan 47-57	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht, maar toename < 30%
Koningin Wilhelminalaan 193-203	Overschrijding SBR-A2 waarde in de nacht, maar toename < 30%

¹ Zuidradiaal Z80, Trillingsonderzoek (stap 1), Quick scan naar trillingen, Movares D79-PBO-KA-1300888, Concept 0.1, 3 december 2013

1 Uitgangspunten trillingsonderzoek

Deze knelpunteninventarisatie is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Ligging tracé: Tekening HOV Zuidradiaal, Traject Prins Clausbrug - Anne Frankplein, Voorlopig ontwerp, IBU Stadsingenieurs, tekeningnummer 402.30436.OOR.020.001.
- HOV Zuidradiaal Voorontwerp, Verkennend Bodemonderzoek, 31 augustus 2009
- Verkeersintensiteiten bussen en overig verkeer huidige situatie, afkomstig uit document HOV-Z80 2015+ VRU31u__P13_26__BP_HOV_Z80 2015_vru31u, gemeente Utrecht – oktober 2013
- Verkeersintensiteiten bussen en overig verkeer plansituatie, afkomstig uit document HOV-Z80 2020+ VRU31u__P13_26__BP_HOV_Z80 2020_vru31u, gemeente Utrecht – oktober 2013
- Asfaltadvies A-N-P 2015 vru31u
- SBR trillingsrichtlijnen, deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Rapportage Quick scan:
Zuidradiaal Z80, Trillingsonderzoek (stap 1), Quick scan naar trillingen, *Movares D79-PBO-KA-1300888, Concept 0.2, 4-03 2014*
- Trillingsmeting Movares langs Adama van Scheltemabaan uitgevoerd in woning Vaartsestraat, 10-11 mei 2011

1.1 Verkeersintensiteiten 2020

Het zijn de bussen en de vrachtwagens die voor trillingshinder kunnen zorgen. Lichte motorvoertuigen geven naar verwachting geen trillingsoverlast. Uitgangspunt is dat vrachtwagens en bussen tot een vergelijkbaar trillingsniveau in de woningen leiden. In Tabel 1-1 tot en met Tabel 1-4 staan de gehanteerde verkeersintensiteiten op de overste den Oudenlaan, de Koningin Wilhelminalaan, de Churchilllaan en de Adama van Scheltemabaan. De intensiteiten van de Adama van Scheltemabaan zijn opgenomen omdat de trillingsprognose wordt gebaseerd op een referentiemeting bij de Adama van Scheltemabaan.

Tabel 1-1 Verkeersintensiteiten Overste den Oudenlaan

	huidige situatie (2015)			toekomstige situatie (2020)		
	dag	avond	Nacht	Dag	Avond	nacht
Bussen	471	68	44	1004	189	117
Vrachtwagens	411	55	60	468	61	67

In totaal rijden er in 2015 583 bussen per etmaal.

In totaal rijden er in 2020 1310 bussen per etmaal.

Tabel 1-2 Verkeersintensiteiten Koningin Wilhelminalaan

	huidige situatie (2015)			toekomstige situatie (2020)		
	dag	avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
Bussen	307	58	33	648	131	80
Vrachtwagens	348	42	46	392	51	56

In totaal rijden er in 2015 398 bussen per etmaal.

In totaal rijden er in 2020 859 bussen per etmaal.

Tabel 1-3 Verkeersintensiteiten Churchilllaan

	huidige situatie (2015)			toekomstige situatie (2020)		
	dag	avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
Bussen	390	74	44	781	147	93
Vrachtwagens	220	30	34	253	34	37

In totaal rijden er in 2015 508 bussen per etmaal.

In totaal rijden er in 2020 1021 bussen per etmaal.

Tabel 1-4 Verkeersintensiteiten Adama van Scheltemabaan

	dag	avond	Nacht
Bussen	1530	248	118

1.2 Afstand tot woningen

Trillingen afkomstig van wegverkeer zijn voelbaar in de directe nabijheid van wegen. In de meeste gevallen zijn er op afstanden van meer dan 50 meter geen voelbare trillingen meer aanwezig. Dit betekent dat op locaties langs de busbaan trillingsinvloed mogelijk is. De lijst met knelpuntlocaties staat in Tabel 1-5.

Tabel 1-5 Afstand tot weg en busbaan voor huidige situatie en planstituatie voor knelpuntlocaties

Adres		Afstand weg huidig [m]	Afstand weg plan [m]	Afstand busbaan huidig [m]	Afstand busbaan plan [m]
Overste den Oudenlaan	52-58	27	37	27	19
Krikkelaan	2	19	11	19	43
Overste den Oudenlaan	21-35	24	18	24	47
Egginklaan	2	43	14	43	43
Koningin Wilhelminalaan	47-57	26	25	26	36
Koningin Wilhelminalaan	193-203	27	23	27	35

2 Toetsingskader

Wegverkeer zoals buspassages, treinverkeer en bouwwerkzaamheden kunnen aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen op hun beurt leiden tot schade of hinder. Stichting Bouwresearch (SBR) heeft richtlijnen opgesteld, die criteria geven voor het meten en beoordelen van de trillingssterkte.

Tot op heden zijn de richtlijnen nog niet vastgelegd in wetgeving, maar de richtlijnen worden veelvuldig toegepast. In gevallen waarbij uiteindelijk de rechter werd ingeschakeld speelde de richtlijn van SBR vaak een belangrijke rol. Ook de Raad van State baseert zich bij zijn oordeelsvorming deels op de richtlijnen ten aanzien van trillingen.

De SBR Richtlijn bestaat uit 3 delen:

- Deel A: Schade aan gebouwen
- Deel B: Hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: Verstoring van apparatuur

In dit hoofdstuk wordt het relevante toetsingskader van SBR-richtlijnen voor dit project toegelicht. Verkestrillingen leiden normaal gesproken niet tot schade aan gebouwen, en voor zover bekend is er in de omgeving van de busbaan geen trillingsgevoelige apparatuur aanwezig. Het gaat hier om personen in woningen of kantoren die mogelijk hinder hebben van trillingen. De toegepaste richtlijn is daarom SBR trillingsrichtlijn deel B.

2.1 SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

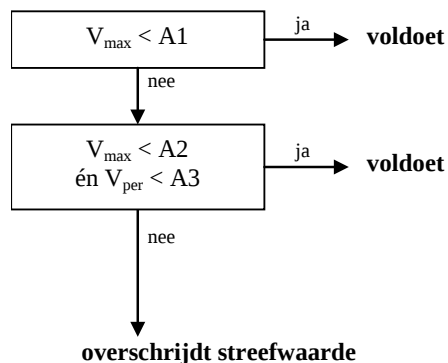
De SBR trillingsrichtlijn deel B wordt gebruikt om de toetsingswaarden ten aanzien van de trillingssterkte te bepalen. In bijlage I wordt de richtlijn toegelicht.

Bij de richtlijn zijn er 3 verschillende toetsingswaarden gedefinieerd. De drie toetsingswaarden hebben de volgende betekenis:

toetsingswaarde	Betekenis
A1	Onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$
A2	Bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$
A3	Streefwaarde voor de trillingssterkte over de beoordingsperiode V_{per} . De V_{per} wordt groter naarmate de trilling vaker per uur optreedt.

2.1.1. Interpretatie toetsingswaarden

Voor het beoordelen van de gemeten $V_{\max}$ moet onderstaand schema worden doorlopen. Wanneer de gemeten waarden lager uitvalt dan A1, voldoet de locatie. Wanneer dit niet het geval is, kan via een tweede mogelijkheid de locatie alsnog voldoen. De gemeten $V_{\max}$ moet dan lager zijn dan A2, waarbij tevens de gemeten V_{per} lager is dan de opgegeven A3 waarde. De interpretatie staat schematische weergegeven in Figuur 2-1.



Figuur 2-1 Stroomschema interpretatie toetsingswaarden A1, A2 en A3

De situatie aan de Overste den Oudenlaan en de Koningin Wilhelminalaan wordt als een gewijzigde situatie beoordeeld. Bij een gewijzigde situatie wordt in eerste instantie getoetst aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Indien hieraan niet wordt voldaan mag er worden getoetst aan de streefwaarden voor bestaande situaties mits de trillingssterkte na de wijziging niet hoger is dan voor de wijziging. Bij de Overste den Oudenlaan zal het trillingsniveau naar verwachting toenemen doordat de busbaan dichterbij de woningen ligt dan de bestaande weg. In de praktijk betekent dit dat er getoetst dient te worden aan de streefwaarden voor nieuwe situaties.

2.1.2. Uitgangspunten toetsingswaarden

In onderstaand tabel staan de uitgangspunten voor dit onderzoek, nodig voor het bepalen van de streefwaarden.

item	Indeling	Motivatie
gebouwfunctie	Wonen	Langs de busbaan staan woningen
trillingsvorm	Herhaald voorkomende trillingen, gedurende lange tijd	busverkeer valt onder herhaald voorkomende trillingen
oude, gewijzigde of nieuwe situatie	gewijzigde situatie	Er is in de huidige situatie al sprake van trillingen van bussen en overig wegverkeer

Aangezien het een gewijzigde situatie betreft, zijn de streefwaarden voor nieuwe situaties van belang bij de beoordeling (zie bijlage I, SBR-richtlijn B, pag iv). Daarbij mag de trillingssterkte niet toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 2-1 Streefwaarden voor nieuwe situaties, gearceerde waarden zijn van toepassing in het rapportagegebied

toetsingswaarden nieuwe situatie, herhaald voorkomende trillingen						
Gebouwfunctie	dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
2. Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
3. Kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
4. Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

Omdat er zowel overdag als 's nachts bussen rijden, is bij de gebouwfunctie “wonen” de A2-waarde in de nacht maatgevend.

2.1.3. Mate van hinderbeleving bij trillingsniveau

De mate van hinderbeleving verschilt echter van individu tot individu. In Bijlage 5 van de SBR-B richtlijn is voor de afweging van de toelaatbaarheid van trillingssterkten de volgende tabel gegeven:

Tabel 2-2 Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer

V_{max}	Hinderkwalificatie
<0.1	geen hinder
0.1 – 0.2	weinig hinder (bestaande situaties)
0.2 – 0.8	matige hinder
0.8 – 3.2	Hinder
>3.2	ernstige hinder

In Noorwegen is onderzoek² gedaan naar de mate waarin personen hinder ondervinden bij een bepaalde trillingssterkte. In Tabel 2-3 staan resultaten uit dit onderzoek.

Tabel 2-3 Hinderbeleving gerelateerd aan trillingssterkte

maximale rms trilsnelheid op basis van 95% verwachtingswaarde [mm/s]	percentage mensen dat enige mate van hinder ondervindt (incl. percentage ernstige hinder)	percentage mensen dat ernstige hinder ondervindt
0.06	5.8	2.0
0.1	8.2	3.5
0.2	11.8	5.0
0.5	20.0	10.0
1	29.0	15.0

² R. Klæboe, I.H. Turunen-Rise en C. Madhus *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models* Applied Acoustics Volume 64, Issue 1, pp 89-109 January 2003

De SBR-B richtlijn gaat uit van de streefwaarde $V_{\max}=0.2$, wat overeenkomt met circa 5 procent mensen die ernstige hinder ondervinden. Er wordt naar gestreefd dat minder dan 5 procent van de mensen hinder ondervindt.

Indien er in de huidige situatie al trillingen aanwezig zijn, dan wordt vooral een toename van het trillingsniveau als hinderlijk ervaren. Het ministerie van infrastructuur en milieu heeft voor spoorprojecten de Beleidsregel trillinghinder spoor opgesteld³. In deze beleidsregel wordt genoemd dat een trillingstoename voelbaar is vanaf 30% toename.

³ Besluit tot vaststelling van beleidsregels ten aanzien van trillinghinder ten behoeve van de vaststelling van tracébesluiten voor de aanleg, wijziging of het opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg (Beleidsregel trillinghinder spoor), 10 april 2012Nr. IENM/BSK-2012/5478, gepubliceerd in de Staatscourant Nr. 7532 van 28 april 2012.

3 Empirisch prognosemodel

De relatie tussen de afstand tot de busbaan en het trillingsniveau wordt bepaald met de Barkan vergelijking, die de afname van het trillingsniveau met de afstand beschrijft. De Barkan vergelijking heeft de volgende vorm:

$$V_{\max}(r) = V_{\max}(r_0) * \left(\frac{r_0}{r}\right)^n * e^{-\alpha(r-r_0)}$$

waarin:

$V_{\max}(r)$	<i>de effectieve trilsnelheid op afstand r</i>
r	<i>de afstand tot de busbaan</i>
r_0	<i>de referentieafstand</i>
n	<i>parameter die de geometrische spreiding beschrijft</i>
α	<i>parameter die de demping in de bodem beschrijft</i>

Om de parameters voor bovenstaande Barkan vergelijking te vullen voor de knelpuntlocaties voor trillingen afkomstig van bussen over de busbaan is zijn trillingsmetingen uitgevoerd op verschillende locaties langs het tracé. De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- Valproefmetingen om de demping van de bodem te bepalen;
 - aan de westzijde van de Overste den Oudenlaan, ter hoogte van de Egginklaan;
 - Nabij Koningin Wilhelminalaan 193-203
- Metingen met minimaal 4 sensoren op maaiveld om het trillingsniveau ($V_{\max}$ en V_{per}) van de voertuigpassages in kaart te brengen. Deze metingen duren circa 4 uur per locatie om voldoende voertuigpassages te registreren.
 - aan de westzijde van de Overste den Oudenlaan, ter hoogte van de Egginklaan;
 - Nabij Koningin Wilhelminalaan 47-57
 - Nabij Koningin Wilhelminalaan 193-203

Verder wordt er nog gebruik gemaakt van een eerder uitgevoerde meting in een woning langs een busbaan.

- Meting in woning Vaartsestraat langs de Adama van Scheltemabaan, op 16 meter afstand van de busbaan. Het betreft een normaal woonhuis.



Figuur 2 Knelpuntlocaties en meetlocaties

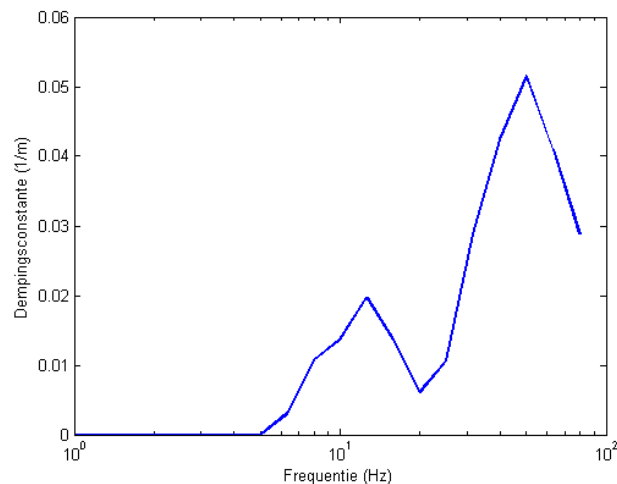
3.1 Valproefmetingen

Om de demping α in de bodem te bepalen, zijn valproefmetingen uitgevoerd. Bij een valproef valt een gewicht vanaf een vastgestelde hoogte op de bodem. De valhoogte bedroeg in dit geval 2 meter en had een massa van enkele tientallen kilo's. Het valgewicht is een gecontroleerde trillingsbron, wat als voordeel heeft dat hiermee de bodemdemping te bepalen is. Verder is het valgewicht een puntbron, wat betekent dat de parameter voor de geometrische spreiding n uit de Barkan vergelijking kan worden vastgesteld op 0.5 voor de maatgevende oppervlaktegolven in de bodem.

De valproeven bestaan uit reeksen van klappen, waarbij één sensor op een vaste plek blijft staan en de overige sensoren worden verplaatst. Hierdoor ontstaat een meetsignaal over een lengte van 1 tot 41 meter vanaf het valgewicht, met korte tussenafstanden van 1-2 m. Rekenkundig kunnen de verschillende valproeven op één locatie, waarbij de sensoren worden verplaatst, worden omgezet tot een signaal van één proef waarin zich alle sensoren bevinden.

3.1.1. Resultaat valproef bij Egginklaan

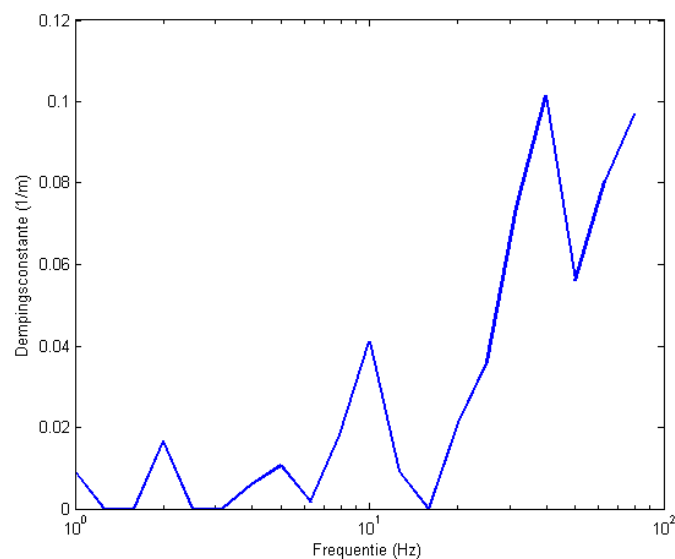
De bepaalde bodemdemping als functie van frequentie staat in Figuur 3. Uit de maaiveldmetingen van voertuigpassages bleek dat de dominante frequentie circa 10 Hz bedroeg. Op basis hiervan wordt voor het prognosemodel een bodemdemping van 0.015 gehanteerd voor woningen in de omgeving van de Egginklaan.



Figuur 3 Bodemdemping als functie van frequentie bij Egginklaan

3.1.2. Resultaat valproef bij Koningin Wilhelminalaan

De bepaalde bodemdemping als functie van frequentie staat in Figuur 4. Uit de maaiveldmetingen van voertuigpassages bleek dat de dominante frequentie circa 10 Hz bedroeg. Op basis hiervan wordt voor het prognosemodel een bodemdemping van 0.020 gehanteerd voor woningen in de omgeving van de Koningin Wilhelminalaan.



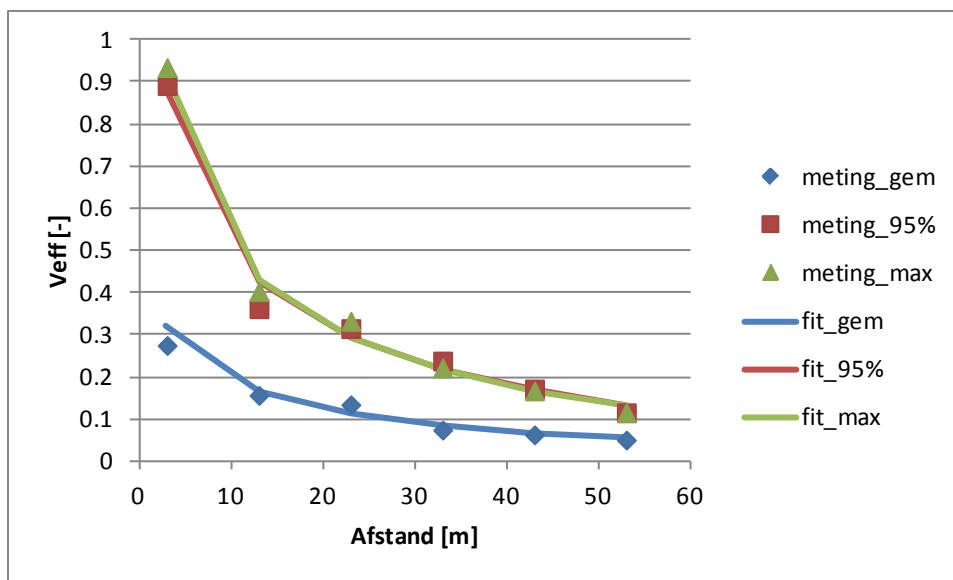
Figuur 4 Bodemdemping als functie van frequentie bij Egginklaan

3.2 Maaiveldmetingen

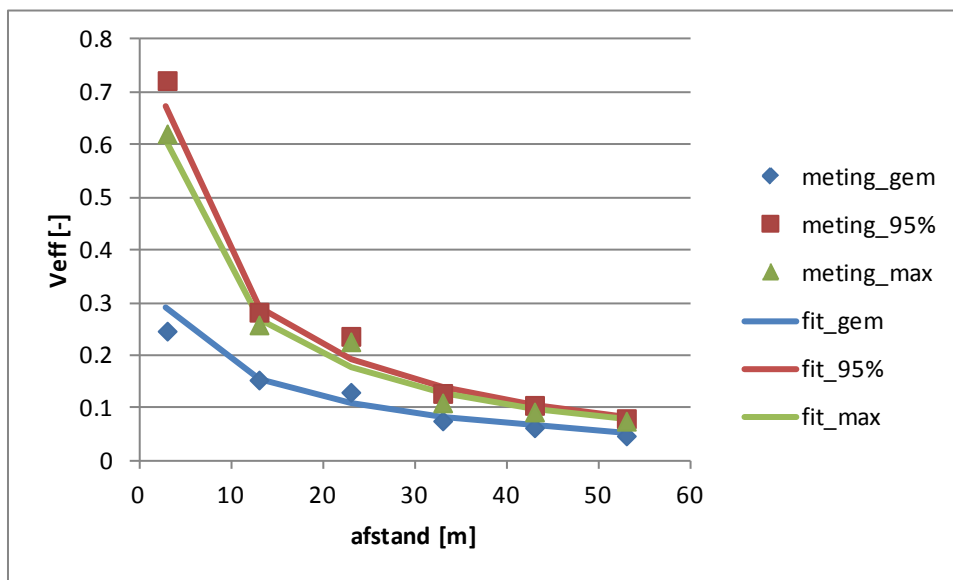
Met metingen op maaiveld zijn de trillingen afkomstig van buspassages en overig verkeer in kaart gebracht. Tijdens de meting is met een camera geregistreerd wat voor verkeer er gepasseerd is, wat is gekoppeld aan de gemeten trillingen. Op basis hiervan zijn trillingen afkomstig van buspassages en vrachtwagenpassages van elkaar onderscheiden. Vervolgens zijn aan de hand van gemeten trillingen de parameters V_{max} en n bepaald, waarbij voor de referentieafstand r_0 een vaste waarde van 10

meter is aangehouden. De resultaten zijn weergegeven in de grafieken in Figuur 5 tot en met Figuur 10. De weergegeven parameters zijn:

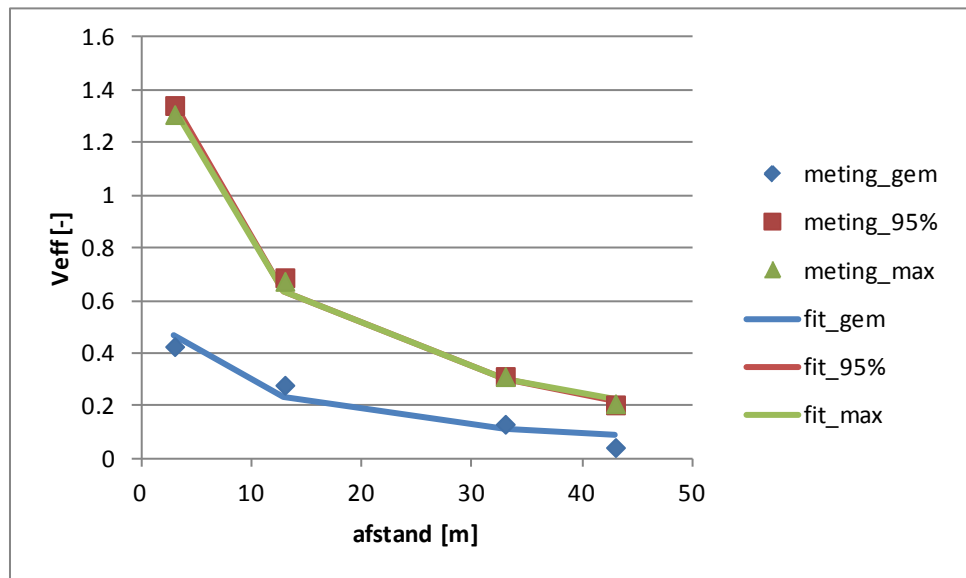
- Gemiddelde van alle passages
- 95% bovengrens van de passages (methode SBR-B)
- Maximaal gemeten waarde



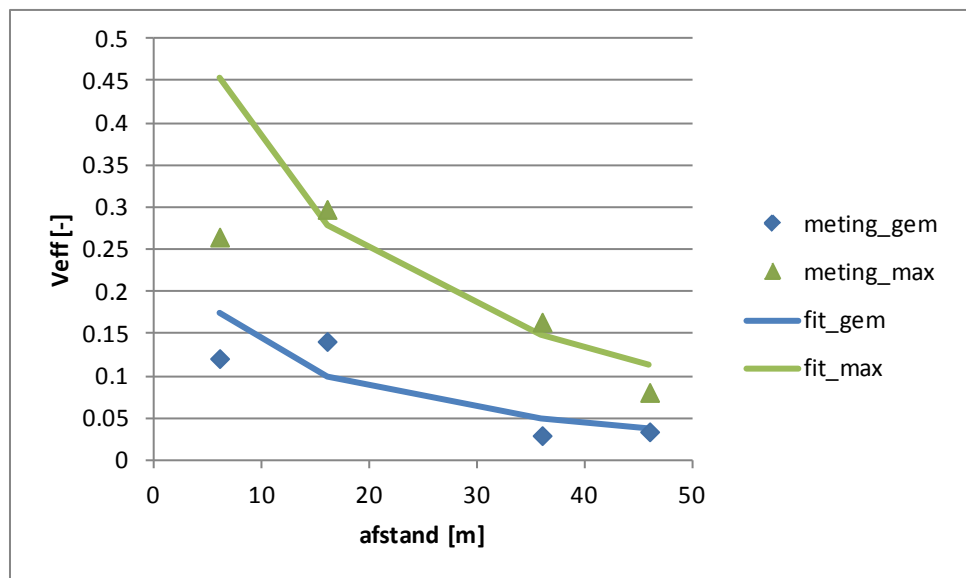
Figuur 5 Meetresultaat en fit bussen Egginklaan



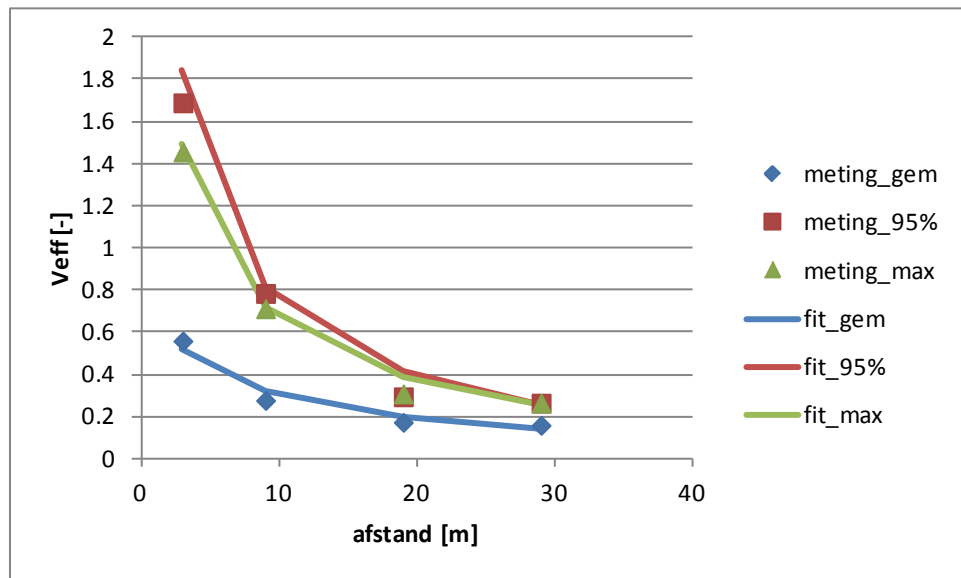
Figuur 6 Meetresultaat en fit vrachtwagens Egginklaan



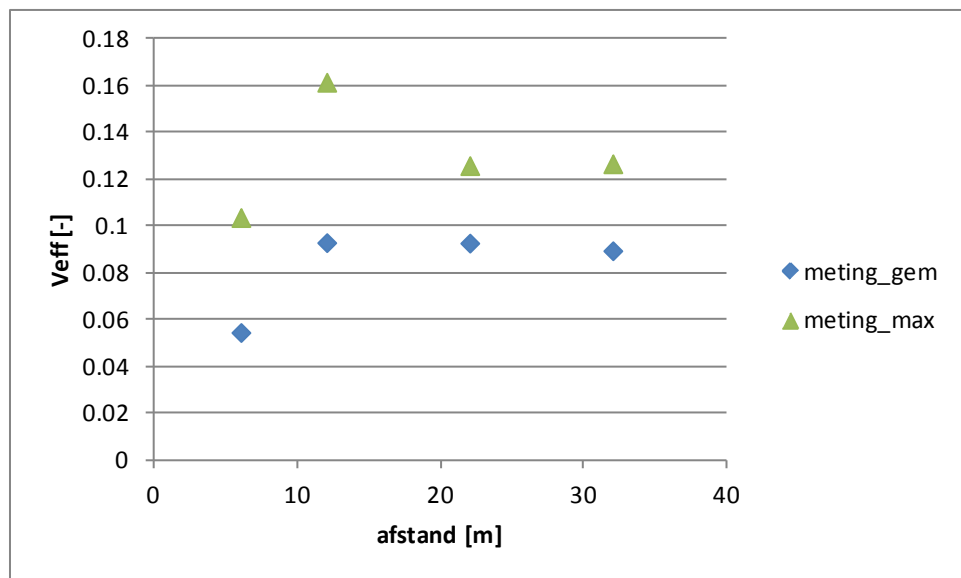
Figuur 7 Meetresultaat en fit bussen Koningin Wilhelminalaan 47-57



Figuur 8 Meetresultaat en fit vrachtwagens Koningin Wilhelminalaan 47-57



Figuur 9 Meetresultaat en fit bussen Koningin Wilhelminalaan 193-203



Figuur 10 Meetresultaat vrachtwagens Koningen Wilhelminalaan 193-203

3.3 Parameters trillingsmodel huidige situatie

De metingen leiden tot de volgende parameters voor de Barkan vergelijking voor de huidige situatie zoals weergegeven in Tabel 3-1. Het aantal vrachtwagenpassages was aan de lage kant om een goede 95%-waarde bepaling uit te voeren. Voor de Barkan parameters van vrachtwagens wordt daarom gebruik gemaakt van de gemiddelde verhouding tussen het trillingsniveau van buspassages en vrachtwagenpassages op alle meetpunten samen. De waarden voor vrachtwagens in de huidige situatie staan in Tabel 3-2.

Tabel 3-1 Barkan parameters bussen (95%) en gemiddelde verhouding vrachtwagen/bus huidige situatie

	$V_{max}(r_0)$	r_0	N	α	Verhouding Vrachtwagen/ bus gemiddeld
Egginklaan	0.49	10	0.4	0.015	1.07
KW 47-57	0.74	10	0.39	0.02	0.49
KW 193- 203	0.74	10	0.64	0.02	0.37

Tabel 3-2 Barkan parameters vrachtwagens (95%) en gemiddelde verhouding vrachtwagen/bus huidige situatie

	$V_{max}(r_0)$	r_0	n	α
Egginklaan	0.52	10	0.4	0.015
KW 47-57	0.36	10	0.39	0.02
KW 193- 203	0.27	10	0.64	0.02

3.4 Parameters trillingsmodel toekomstige situatie

In de huidige situatie rijden de vrachtwagens over asfaltwegen, en dat blijft ook zo in de toekomstige situatie. De Barkan parameters voor vrachtwagens in de toekomstige situatie blijven daarom gelijk.

Wat opvalt in Tabel 3-1 is dat bij de Egginklaan de vrachtwagens en bussen een vergelijkbaar trillingsniveau geven, terwijl de bussen bij de meetlocaties langs de Koningin Wilhelminalaan tot een aanmerkelijk hoger trillingsniveau dan de vrachtwagens. Het verschil tussen de Egginklaan en de Koningin Wilhelminalaan is dat de bussen en vrachtwagens bij de Egginklaan over dezelfde rijbaan rijden, terwijl de bussen bij de Koningin Wilhelminalaan over een aparte rijbaan rijden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het wegdek een bepalende factor is voor het trillingsniveau. Als het wegdek identiek is, leiden vrachtwagens en bussen tot een vergelijkbaar trillingsniveau. De nieuwe busbaan wordt uitgevoerd als een betonnen busbaan. Er mag vanuit worden gegaan dat het wegdek van de nieuwe busbaan minstens zo goed is als dat van de huidige asfaltwegen met de beste ligging. Dit leidt tot de Barkan parameters in Tabel 3-3 voor de toekomstige situatie.

Tabel 3-3 Barkan parameters bussen (95%) toekomstige situatie

	$V_{max}(r_0)$	r_0	N	α
Egginklaan	0.49	10	0.4	0.015
KW 47-57	0.34	10	0.39	0.02
KW 193- 203	0.26	10	0.64	0.02

3.5 Bepaling trillingsniveau in gebouwen

In grote (appartementen)gebouwen is het trillingsniveau op de verdiepingsvloer meestal lager dan gewone woonhuizen. De volgende verhoudingsgetallen tussen de waarde uit de Barkan vergelijking en de vloer worden aangehouden:

- Normale woonhuizen: factor 1;
- Grote (appartementen)gebouwen: factor 0.6.

3.6 Bepaling maximale trillingssterkte over beoordelingsperiode V_{per}

De prognose van V_{per} is gebaseerd op trillingsmetingen in een woning aan de Vaartsestraat langs de Adama van Scheltemabaan. De waarde V_{per} is afhankelijk van de maximale trillingssterkte V_{max} , en de verhouding van het aantal bussen en vrachtwagens op een onderzoekslocatie ten opzichte van het aantal bussen op de Adama van Scheltemabaan. In de woning aan de Vaartsestraat is de volgende waarde gemeten voor V_{per} :

periode	V_{per}
dag (7-19 uur)	0.054

Vrachtwagens en bussen zijn hier voor wat betreft trillingen gelijkgesteld. In de huidige situatie rijden er 1530 bussen per dag over de Adama van Scheltemabaan in de dagperiode.

De prognose van V_{per} voor de huidige en toekomstige situatie is als volgt uitgevoerd:

$$V_{per,dag} = C * V_{max} * \sqrt{\frac{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens onderzoekslocatie}}{\text{dagintensiteit bussen Adama van Scheltemabaan}}}$$

De vermenigvuldigingsfactor C is afhankelijk van V_{max} :

- $C = 0.10$ voor $V_{max} < 0.14$
- $C = 0.15$ voor $V_{max} \geq 0.14$ en $V_{max} < 0.20$
- $C = 0.20$ voor $V_{max} \geq 0.20$ en $V_{max} < 0.25$
- $C = 0.25$ voor $V_{max} \geq 0.25$

De waarde V_{per} wordt op de volgende wijze bepaald voor de avond- en nachtperiode:

$$V_{per,avond} = V_{per,dag} * \sqrt{\frac{\text{avondintensiteit bussen en vrachtwagens onderzoekslocatie}}{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens onderzoekslocatie}}}$$
$$V_{per,nacht} = V_{per,dag} * \sqrt{\frac{\text{nachtintensiteit bussen en vrachtwagens onderzoekslocatie}}{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens onderzoekslocatie}}}$$

3.7 Betrouwbaarheid trillingsprognose

In elke trillingsprognose zit een bepaalde onzekerheid. De betrouwbaarheid hangt onder meer af van modelonzekerheden en onzekerheden wat betreft de invoer. Onzekerheden in de invoer bestaan onder meer uit de bodemeigenschappen, de eigenschappen van de busbaan, de eigenschappen van de gebouwen, de eigenschappen van de bussen en conditie van de busbaan.

In dit onderzoek worden de onzekerheden gekwantificeerd met spreidingsfactoren. Deze methode om onzekerheden in trillingsprognoses te kwantificeren wordt door Movares en TNO ook gebruikt in trillingsonderzoeken voor ProRail bij spooruitbreidingsprojecten.

Een spreidingsfactor geeft aan hoeveel hoger de bovengrens (95%-waarde) is dan de verwachtingswaarde. De 95%-waarde is de waarde die met een kans van 95% niet wordt overschreden. Een spreidingsfactor van 0.1 betekent bijvoorbeeld dat de bovengrens 10% hoger is dan de verwachtingswaarde. Hierbij wordt uitgegaan van een lognormale kansverdeling. Verschillende spreidingsfactoren kunnen als volgt (energetisch) gesommeerd worden om tot een totale spreidingsfactor te komen.

$$factor_{totaal} = \sqrt{factor_1^2 + factor_2^2 + factor_3^2}$$

In Tabel 3-4 staan de gehanteerde spreidingsfactoren in dit onderzoek. De spreidingsfactoren zijn gebaseerd op expert judgement (o.a. ervaringen met variatie in meetresultaten en trillingsprognoses). De totale spreidingsfactor in dit onderzoek is 1.1, wat leidt een bovengrenswaarde die 110% hoger is dan de verwachtingswaarde.

Tabel 3-4 spreidingsfactoren gebaseerd op expert judgement

onderdeel	Factoren	spreiding
Bron	Bus en busbaan	0.3
Overdracht	Bodem	0.2
Ontvanger	Gebouw	1
totaal		1.1

4 Resultaat prognose en beoordeling

4.1 Trillingsprognose

In Tabel 4-1 en Tabel 4-2 staan de resultaten van de verwachtingswaarden en de bovengrenswaarden voor de huidige en toekomstige situatie. Voor een vergelijking tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie kunnen de verwachtingswaarden van de huidige situatie het best worden vergeleken met de verwachtingswaarden van de toekomstige situatie, en de bovengrenswaarden van de huidige situatie met de bovengrenswaarden van de toekomstige situatie. In de prognose van de toekomstige situatie veranderen de onzekerheden uit Tabel 3-4 immers niet ten opzichte van de prognose voor de huidige situatie.

In vergelijking met de trillingsprognose die in stap 1 is uitgevoerd blijkt dat:

- Het prognosemodel voor het stap 1 model te lage trillingsniveaus gaf langs het traject van de Overste den Oudenlaan;
- Het prognosemodel voor het stap 1 model te hoge trillingsniveaus gaf langs het traject van de Koningin Wilhelminalaan.

Het is de bedoeling dat de stap 1 prognose een worst case situatie weergeeft. Voor het traject langs de Overste den Oudenlaan is dat niet het geval. De stap 2 prognose wordt daarom uitgevoerd voor alle eerder beschouwde locaties in stap 1 langs het traject van de Overste den Oudenlaan. Dit betekent dat de locatie Overste den Oudenlaan 37-53 wordt toegevoegd aan de resultaten. De eerder beschouwde locatie Overste den Oudenlaan 20 wordt gesloopt, en wordt daarom niet meer beschouwd.

Tabel 4-1 Resultaat trillingsprognose huidige situatie, verwachtingswaarden (50%) en bovengrenswaarden (95%)

		50 %				95 %			
		$V_{\max}$	$V_{\text{per dag}}$	$V_{\text{per avond}}$	$V_{\text{per nacht}}$	$V_{\max}$	$V_{\text{per dag}}$	$V_{\text{per avond}}$	$V_{\text{per nacht}}$
Adres									
Overste den Oudenlaan	52-58	0.27	0.05	0.02	0.01	0.57	0.11	0.04	0.01
Krikkelaan	2	0.35	0.07	0.02	0.01	0.74	0.14	0.05	0.02
Overste den Oudenlaan	21-35	0.30	0.06	0.02	0.01	0.62	0.12	0.04	0.02
Egginklaan	2	0.18	0.02	0.01	0.00	0.37	0.07	0.03	0.01
Overste den Oudenlaan	37-53	0.15	0.02	0.01	0.00	0.32	0.06	0.02	0.01
Koningin Wilhelminalaan	47-57	0.37	0.06	0.02	0.01	0.78	0.13	0.05	0.02
Koningin Wilhelminalaan	193-203	0.28	0.05	0.02	0.01	0.59	0.10	0.04	0.01

Tabel 4-2 Resultaat trillingsprognose toekomstige situatie, verwachtingswaarden (50%) en bovengrenswaarden (95%)

		50 %				95 %			
		V _{max}	V _{per dag}	V _{per avond}	V _{per nacht}	V _{max}	V _{per dag}	V _{per avond}	V _{per nacht}
Adres									
Overste den Oudenlaan	52-58	0.33	0.07	0.03	0.01	0.70	0.15	0.06	0.03
Krikkelaan	2	0.49	0.07	0.01	0.03	1.04	0.16	0.03	0.06
Overste den Oudenlaan	21-35	0.36	0.05	0.01	0.02	0.77	0.12	0.03	0.04
Egginklaan	2	0.43	0.06	0.01	0.02	0.90	0.14	0.03	0.05
Overste den Oudenlaan	37-53	0.19	0.02	0.00	0.01	0.40	0.06	0.01	0.02
Koningin Wilhelminalaan	47-57	0.19	0.02	0.00	0.01	0.39	0.06	0.02	0.02
Koningin Wilhelminalaan	193-203	0.12	0.01	0.00	0.00	0.26	0.04	0.01	0.01

Bij de meeste locaties langs de Overste den Oudenweg is een toename van het maximale trillingsniveau $V_{\max}$ te verwachten doordat de busbaan of de weg dichterbij de gebouwen komt te liggen. Langs de Koningin Wilhelminalaan wordt een afname verwacht doordat de busbaan verder weg komt te liggen, en deze wordt uitgevoerd als een betonnen baan. In alle gevallen neemt de trillingsintensiteit V_{per} toe doordat er meer bussen over de busbaan gaan rijden dan in de huidige situatie het geval is.

4.2 Beoordeling trillingsprognose

De beoordeling van de trillingsprognose is opgenomen in Tabel 4-3. In alle beschouwde woningen overschrijdt de verwachtingswaarde de streefwaarden. Op andere locaties langs de busbaan voldoen de verwachtingswaarden aan de streefwaarden of is de toename niet waarneembaar.

Tabel 4-3 Beoordeling trillingsprognose volgens SBR-B gewijzigde situatie

Locatie		Gebouwfunctie	Beoordeling verwachtingswaarde	Beoordeling bovengrenswaarde	Toename factor Vmax
Overste den Oudenlaan	52-58	Wonen	Overschrijdt streefwaarde (A2 in nachtperiode en A3 in dagperiode)	Overschrijdt streefwaarde (A2 en A3 in dagperiode)	1.22 (niet voelbaar)
Krikkelaan	2	Wonen	Overschrijdt streefwaarde (A2 in dagperiode)	Overschrijdt streefwaarde (A2 en A3 in dagperiode)	1.40 (voelbare toename)
Overste den Oudenlaan	21-35	Wonen	Overschrijdt streefwaarde (A2 in nachtperiode)	Overschrijdt streefwaarde (A2 en A3 in dagperiode)	1.23 (niet volbaar)
Egginklaan	2	Wonen	Overschrijdt streefwaarde (A2 in nachtperiode en A3 in dagperiode)	Overschrijdt streefwaarde (A2 en A3 in dagperiode)	2.42 (goed voelbare toename)
Overste den Oudenlaan	37-53	Wonen	Geen overschrijding	Overschrijdt streefwaarde (A2 in de nachtperiode)	1.21 (niet volbaar)
Koningin Wilhelminalaan	47-57	Wonen	Geen overschrijding	Geen overschrijding (afname ten opzichte van huidige situatie)	0.57 (afname)
Koningin Wilhelminalaan	193-203	Wonen	Geen overschrijding	Geen overschrijding (afname ten opzichte van huidige situatie)	0.30 (afname)

Als de toekomstige situatie wordt vergeleken met de huidige situatie dan zal de toename van het trillingsniveau in enkele gevallen wel voelbaar zijn, waarbij een factor 1.3 toename is aangehouden als een toename dat door de mens niet wordt waargenomen. Dit geldt voor de Krikkelaan 2 (factor 1.40) en voor het hoekhuis Egginklaan 2 en naastgelegen woningen (factor 2.42). Daarnaast treedt er bij Overste den Oudenlaan 52-58 en bij Egginklaan 2 een V_{per} overschrijding van de streefwaarde A3 op.

De trillingsniveaus overschrijden in alle beschouwde locaties de streefwaarden. Dit betekent dat bij ongunstige omstandigheden mogelijk niet wordt voldaan aan de streefwaarden. Ongunstige omstandigheden kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Slecht wegdek
- Ongunstige gebouwconstructie

De busbaan wordt ontworpen als een nieuwe, betonnen weg, aangelegd op een nieuw of aangepast cunet. Bij een goede uitvoering zullen het wegdek en de bodem dan niet ongunstiger zijn de huidige wegen.

Zeer bepalend voor het trillingsniveau in woningen zijn de eigenschappen van de gebouwen. Het uitgangspunt is dat het trillingsniveau in de woningen gelijk is aan het trillingsniveau op maaiveld. In de praktijk blijkt dat vaak op te gaan voor een gezinswoning. De trillingsreductie van de fundering wordt vaak ongeveer opgeheven door de versterking van trillingen op vloeren. Indien dat hier niet het geval is dan heeft dat gevolgen voor het te verwachten trillingsniveau.

5 Conclusie en advies

Het volgende kan worden geconcludeerd over de trillingseffecten van de nieuwe busbaan op de knelpuntlocaties:

- De te verwachten trillingsniveaus in de knelpuntlocaties op basis van maaiveldmetingen zijn langs de Overste den Oudenlaan hoger dan de eerder gehanteerde niveaus uit de inventarisatie. Langs de Koningin Wilhelminalaan zijn de te verwachten trillingsniveaus lager dan de eerder gehanteerde niveaus uit de inventarisatie;
- Naar verwachting leidt de nieuwe busbaan en de aanpassingen van de wegen langs de Overste den Oudenlaan tot een verhoging van het maximale trillingsniveau $V_{\max}$ en de trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} (dag, avond en nacht). Langs de Koningin Wilhelminalaan is een afname te verwachten.
- De verwachtingswaarden en bovengrenswaarden langs de Overste den Oudenlaan voldoen niet aan de streefwaarden uit de SBR-B richtlijn.
- Als de toekomstige situatie wordt vergeleken met de huidige situatie dan zal de toename van het trillingsniveau in enkele gevallen wel voelbaar zijn, waarbij een factor 1.3 toename is aangehouden als een toename dat door de mens niet wordt waargenomen. Dit geldt voor de Krikkelaan 2 (factor 1.40) en voor Egginklaan nummer 2 (factor 2.42).

5.1 Advies

Voor een aantal locaties langs de busbaan kan op basis van deze knelpuntanalyse niet worden uitgesloten dat er in de toekomst overschrijdingen van de SBR-B streefwaarden optreden. Ook geldt op enkele locaties dat de toename voelbaar zal zijn (toename > factor 1.3). Om deze reden adviseren we om voor deze locaties vervolgonderzoek uit te voeren. Het vervolgonderzoek bestaat uit geavanceerde prognoses op basis van metingen in woningen (in inleiding stap 3 genoemd).

Het vervolgonderzoek kan er enerzijds toe leiden dat de verwachtingswaarden worden bijgesteld. Anderzijds zullen de aanvullende metingen er toe leiden dat de onzekerheid in de prognose kleiner wordt. Ten opzichte van de verwachtingswaarde zal de bovengrenswaarde lager worden.

Bij Egginklaan 2 is de toename dermate groot, dat ondanks een nauwkeurige prognose de kans op een overschrijding blijft bestaan. In een dergelijk geval zullen maatregelen overwogen moeten worden.

Colofon

Opdrachtgever GEMEENTE UTRECHT
Ruud Hilhorst

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Waterbouw en Geotechniek

Daalse Kwint R3.21
Daalseplein 101
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 - 265 3670

Ondertekenaar Wybo Gardien
Adviseur

Projectnummer RM001714

Opgesteld door Wybo Gardien

© 2014, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I SBR trillingsrichtlijnen Deel B, hinder

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. hinder voor personen in gebouwen volgens SBR richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002, ISBN 90-5367-080-7) worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria namelijk:

1. De gebouwfunctie.
2. Type trillingsbron
3. De omstandigheden waaronder trillingen kunnen voorkomen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de volgende situaties:
 - nieuwe, bestaande of gewijzigde situaties;
 - de locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving.
 - tijdstip waarop de trillingen voorkomen

In de onderstaande paragrafen worden deze criteria toegelicht.

Gebouwfunctie

In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen 5 verschillende gebouwfuncties:

1. gezondheidszorg;
2. wonen (daaronder begrepen woningen, woongebouwen, woonwagens, logiesverblijven en logiesgebouwen);
3. kantoor en onderwijs;
4. bijeenkomst (zoals bioscopen, aula's schouwburgen, kerken);
5. kritische werkruimten (bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers of studiezalen).

Voor de verschillende gebouwfuncties zijn verschillende grenswaarden gedefinieerd.

Type trillingsbron

1. *Continu voorkomende trillingen, gedurende lange tijd*, door bijvoorbeeld machines, waaronder ook machines die niet permanent in werking zijn of machines die een korte werkcyclus kennen en een langere rustperiode zoals het kort trillen van een vorm of mal. Uitgesloten zijn trillingen door weg- en railverkeer;
2. *Herhaald voorkomende trillingen, gedurende lange tijd* door weg- en railverkeer waaronder ook heftrucks bulldozers, kranen op rails en dergelijke;
3. *Continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden*, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
4. *Incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen*, door bijvoorbeeld explosies.

Omstandigheden

In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende omstandigheden waaronder trillingen kunnen voorkomen. Bij verschillende omstandigheden worden ook verschillende trillingssterktes toegelaten. Er wordt in de richtlijn rekening gehouden met:

1. nieuwe, bestaande of gewijzigde situaties;
2. de locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving.
3. tijdstip en duur waarop de trillingen voorkomen

Bij weg- en railverkeer: nieuwe, bestaande of gewijzigde situatie

Voor weg- en railverkeer kan onderscheid worden gemaakt tussen de volgende situaties:

1. bestaande situatie (bestaande bron en een bestaande ontvanger, er is sprake van een zekere mate van gewenning);
2. nieuwe situatie (nieuwe bron of een nieuwe ontvanger);
3. gewijzigde situatie (wijziging van een bestaande *bron*).

Locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving

Voor gebouwen op een industrie terrein is het mogelijk op basis van een gemotiveerde afweging hogere trillingssterkten toe te laten. Dit kan bijvoorbeeld in de volgende situaties:

1. Als de sterkte van de achtergrondtrillingen al hoger is dan de streefwaarden, en de trillingssterkte van de te beoordelen trillingsbron lager is dan de achtergrondtrillingen;
2. Indien de gebouwen zich in een gebied bevinden waarvoor in het bestemmingsplan, een Nota Industrielawaai of Gemeentelijke Geluidnota is vastgelegd dat deze gebouwen een lagere bestemmingsgraad genieten.

Tijdstip en duur waarop trillingen voorkomen

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in 3 beoordelingsperioden:

1. Dag van 07.00 tot 19.00 uur;
2. Avond van 19.00 tot 23.00 uur;
3. Nacht van 23.00 tot 07.00 uur.

Wanneer de trillingen gedurende een korte periode plaatsvinden, bijvoorbeeld tijdens sloopwerkzaamheden, kan in overleg met de omwonende hogere waarden worden toegelaten.

Toetsing

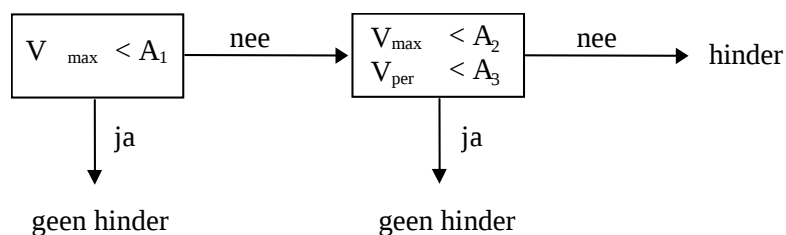
Bij een trillingsmeting t.a.v. hinder worden de volgende waarden gemeten:

- V_{max} maximale trillingssterkte
(voortschrijdende effectieve waarde van de trillingssnelheid,
dimensieloos)
- V_{per} de trillingssterkte over de beoordelingsperiode
(kwadratisch gemiddelde van maximale effectieve waarde per interval
van 30 seconden)

De waarden V_{max} en V_{per} worden getoetst aan de volgende streefwaarden:

- A_1 de onderste streefwaarde voor toetsing van de waarde $V_{eff,max}$;
 A_2 de bovenste streefwaarde voor toetsing van de waarde $V_{eff,max}$;
 A_3 de streefwaarde voor toetsing van de waarde V_{per} .

De streefwaarden worden volgens onderstaand schema geïnterpreteerd.



Streefwaarden

Hier volgen voor verschillende gebouwfuncties, omstandigheden en perioden de toetsingswaarden A_1 , A_2 en A_3 waaraan de waarden $V_{eff,max}$ en V_{per} worden getoetst.

*Beoordeling continue trillingen bij nieuwe en bestaande situaties: machines en
Herhaald voorkomende trillingen bij nieuwe situaties: weg- en railverkeer*

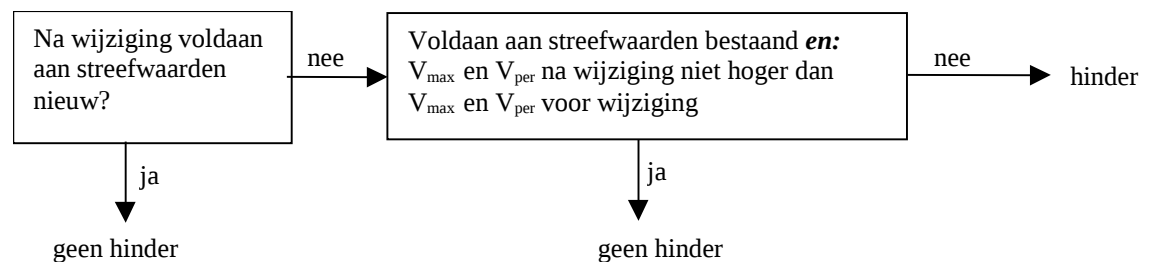
gebouwfunctie	dag en avond			Nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
1. Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
2. Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
3. Kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
4. Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	- - -	0.1	0.1	- - -

*Beoordeling herhaald voorkomende trillingen bij bestaande situaties: weg-en
railverkeer*

gebouwfunctie	dag en avond			Nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
1. Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
2. Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
3. Kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
4. Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	- - -	0.1	0.1	- - -

Gewijzigde situaties, weg- en railverkeer

Bij een gewijzigde situatie wordt in eerste instantie getoetst aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Indien hieraan niet wordt voldaan mag er worden getoetst aan de streefwaarden voor bestaande situaties mits de trillingssterkte na de wijziging niet hoger is dan voor de wijziging. In onderstaand schema is geïllustreerd hoe de richtlijn werkt in het geval van een gewijzigde situatie.



Ondergronds railverkeer

Bij ondergronds railverkeer wordt er getoetst aan de streefwaarden voor weg- en railverkeer bij nieuwe situaties.

Trillingen bij bouw- of sloopwerkzaamheden over korte perioden gedurende de dagperiode

Bij trillingen over kortere perioden kunnen uitsluiten gedurende de dagperiode tijdelijk hogere waarden worden toegelaten. Hiervoor worden de volgende waarden aangehouden:

duur activiteiten	dag en avond		
	A ₁	A ₂	A ₃
1 dag	0.8	6.0	0.4
2 dagen	0.72	6.0	0.38
3 dagen	0.64	6.0	0.36
4 dagen	0.56	6.0	0.34
5 dagen	0.48	6.0	0.32
6-26 dagen	0.4	6.0	0.3
27-78 dagen	0.3	6.0	0.2

Gebouwen in industriële gebieden

Mits goed gemotiveerd kunnen voor gebouwen in industriële gebieden hogere waarden worden toegelaten. De waarden voor bestaande en nieuwe situaties kunnen dan worden vermenigvuldigd met een factor 1.8. De waarden van gebouwfunctie “kritische werkruimte” mag echter niet verhoogd worden.

Incidenteel voorkomende kortdurende trillingen in de dagperiode

Bij incidenteel voorkomende trillingen mag uitsluitend in de dagperiode de maximale trillingssterkte $V_{eff,max}$ niet meer dan 8 bedragen. Bewoners en gebruikers dienen te worden geïnformeerd. Bovendien moet er rekening worden gehouden met mogelijke schade aan bouwwerken.

Voorbeeld

Voor bijvoorbeeld een woning aan een spoorlijn wordt bij een nieuwe situatie op de volgende wijze getoetst:

gemeten V_{max} in woning:	gemiddeld aantal keer per uur	V_{per}	$A1^* = 0.1$ $V_{max} < A_1$	$A2^* = 0.4$ $V_{max} < A_2$	$A3^* = 0.05$ $V_{per} < A_3$	overschrijding
0.08	10	0	ja	n.v.t.	n.v.t.	nee
0.15	10	0.043	nee	ja	ja	nee
0.2	10	0.058	nee	ja	nee	Ja
0.5	10	0.144	nee	nee	n.v.t.	ja