

D79-KCH-KA-1700157

1 december 2017- Versie 1.0

Autorisatieblad

Trillingsonderzoek Kampen

Bestemmingsplan Kampen Reeve

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Christodoulou, K	✓	1-12-2017
Gecontroleerd door	Boon, PM	✓	1-12-2017
Vrijgegeven door	Boon, PM	✓	1-12-2017

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Samenvatting

BPD Ontwikkeling BV ontwikkelt in Kampen een woongebied langs de spoorlijn Zwolle-Lelystad. Op basis van de afstand tot het spoor en het spoorgebruik is trillingshinder in de woningen niet ondenkbaar.

Doel van het huidige onderzoek is daarom om de trillingsbelasting in de geplande woningen in Kampen te bepalen en, indien nodig, een advies te geven over de maatregelen waarmee trillingshinder voorkomen kan worden.

Op basis van metingen op maaiveldniveau op de geplande bouwlocatie is een prognose gemaakt van de verwachte trillingsniveaus op midden vloerveld van woningen met diverse eigenfrequenties van de vloeren. De resultaten van deze prognoses zijn getoetst aan de streefwaarden voor nieuwbouw uit de richtlijn SBR-B.

Uit het onderzoek volgt dat trillingshinder in de nieuw te bouwen woningen niet is te verwachten als de eigenfrequentie van vloeren 12.5 Hz of hoger is en niet dichterbij het spoor wordt gebouwd. Wanneer dichterbij het spoor wordt gebouwd, is trillingshinder te voorkomen door te kiezen voor vloeren met een eigenfrequentie boven de 12.5 Hz en zoveel mogelijk gebruik te maken van materialen met een hoge demping. Het nemen van aanvullende trillingsreducerende maatregelen (zoals het afveren van de fundering van de woningen) is alleen nodig om te voldoen aan het beoordelingskader als bij de verdere detaillering van de woningen geen rekening wordt gehouden met bovenstaande aanbevelingen.

Tenslotte, ook bij lagere eigenfrequenties van de vloeren geldt dat er slechts incidenteel sprake is van overschrijdingen van het beoordelingskader. Alleen goederentreinen met sterk afwijkende trillingseigenschappen zorgen momenteel voor mogelijke overschrijdingen van het beoordelingskader. Deze treinen passeren slechts een- of tweemaal per week. Gezien het aantal overschrijdingen per week, de hoogte van de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} ontstaat ook dan geen onacceptabel woon- of leefklimaat.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Doel	5
1.3 Aanpak	5
1.4 Leeswijzer	5
2 Situatiebeschrijving en uitgangspunten	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Omgeving	6
2.3 Bouwlocatie	7
2.4 Geplande bebouwing	8
3 Beoordelingskader	9
3.1 Algemeen	9
3.2 Grootheden	9
3.3 Streefwaarden	9
3.3.1. <i>Nieuwe of bestaande situatie</i>	9
3.3.2. <i>Periode gedurende de dag</i>	10
3.3.3. <i>Gebouwfunctie</i>	10
3.4 Beoordeling in huidige onderzoek	10
4 Meetresultaten	12
4.1 Inleiding	12
4.2 Meetresultaten	12
5 Analyse en berekeningen	14
5.1 Prognosemethode	14
5.1.1. <i>Overdracht tussen meetpunten</i>	14
5.1.2. <i>Overdracht maaiveld naar fundering</i>	14
5.1.3. <i>Overdracht fundering naar midden vloerveld</i>	15
5.2 Resultaten	16
5.2.1. <i>50%-waarde trillingen in woningen</i>	16
5.2.2. <i>95%-waarde trillingen in woningen</i>	17
5.3 Betrouwbaarheid	18
5.4 Voorkomen van trillingshinder	18
6 Conclusies	20
Colofon	21

Bijlage I - Gegevens van de metingen

Bijlage II - Verhoudingen trillingen maaiveld

Bijlage III - Bodemopbouw

Bijlage IV - Resultaten 50%- en 95%-waarde

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

BPD Ontwikkeling BV ontwikkelt in Kampen een woongebied langs de spoorlijn Zwolle-Lelystad. Op basis van de afstand tot het spoor en het sporgebruik is trillingshinder in de woningen niet ondenkbaar.

U heeft ons daarom gevraagd om een trillingsonderzoek uit te voeren, waarmee inzicht wordt gekregen in de volgende onderdelen:

- De trillingen vanuit het treinverkeer
- De verwachte impact op de door u te realiseren woningen
- Of er maatregelen dienen te worden genomen tegen trillingen in de woningen, en zo ja, welke maatregelen dit zouden moeten zijn.

1.2 Doel

Doel van het huidige onderzoek is om de trillingsbelasting in de geplande woningen in Kampen te bepalen en, indien nodig, een advies te geven over de maatregelen waarmee trillingshinder voorkomen kan worden.

1.3 Aanpak

Trillingen van spoorverkeer zijn locatiespecifiek. Wij hebben daarom de volgende aanpak gevolgd:

1. Uitvoeren van een trillingsmeting ter plaatse van de toekomstige bouwvlakken. Deze meting bestaat uit twee onderdelen:
 - a. Meting waarmee wij de uitdemping van de trillingen met de afstand hebben vastgesteld (hoe verder van het spoor, hoe lager de trillingen). Deze meting heeft een beperkte meetduur van enkele uren;
 - b. Meting waarmee wij over langere tijd de trillingen hebben vastgesteld. Het grillige karakter van goederentreinen (grote variatie in passeertijd, zwaarte, etc.) maakt een meetduur van een week noodzakelijk.
2. Op basis van de beperkte bouwgegevens (bouwhoogte) en de resultaten van de metingen geven wij vervolgens een advies over de te verwachten trillingshinder en hoe trillingshinder in de woningen kan worden voorkomen.

1.4 Leeswijzer

De situatiebeschrijving is weergegeven in hoofdstuk 2. Het beoordelingskader voor trillingshinder staat beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de meetresultaten weergegeven. Hoofdstuk 5 bevat een analyse van de meetresultaten en advies t.a.v. (bouwkundige) optimalisaties om trillingshinder te voorkomen. Het laatste hoofdstuk beschrijft de conclusies en aanbevelingen.

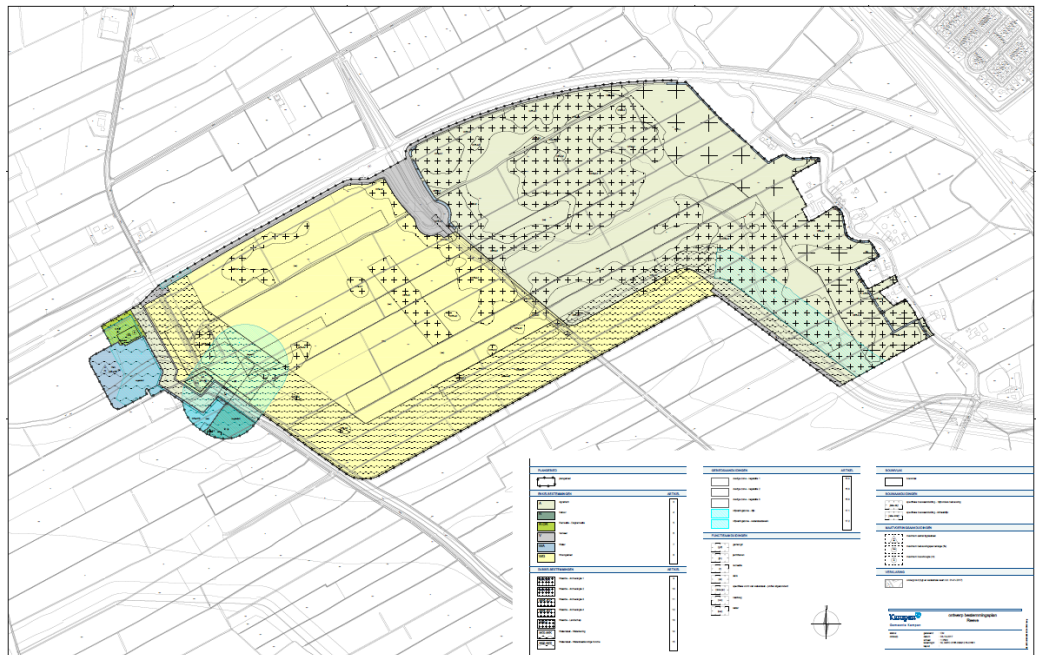
2 Situatiebeschrijving en uitgangspunten

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de meetlocatie en de uitgangspunten voor het onderzoek.

2.2 Omgeving

De onderzoekslocatie bevindt zich ten zuiden van de spoorlijn Zwolle – Lelystad, zie Figuur 2-1. De spoorlijn wordt zowel door reizigers- als door goederenverkeer gebruikt. De kortste afstand van woningen tot het spoor is nog niet bekend.



Figuur 2-1 Plangebied nieuwbouw Reeve – Kampen. Het geel gemarkeerde gebied heeft de bestemming wonen.

De rijksnelheden van het treinverkeer zijn weergegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Rijksnelheden treinverkeer

Corridor	Type trein	Snelheid
Zwolle – Lelystad	Reizigerstreinen	120 – 140 km/h
Zwolle – Lelystad	Goederentreinen	80 – 100 km/h

Het aantal treinen gedurende dag, avond en nacht op de corridor Zwolle - Lelystad is weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Intensiteiten treinverkeer per uur per richting (goederentreinen zijn gebaseerd op het geluidsregister en 30 bakken per trein)

Type trein	Dag	Avond	Nacht
Reizigerstreinen	4.00	4.00	1.13
Goederentrein	0.61	0.82	0.53

Nabij het onderzoeksgebied bevinden zich geen andere trillingsbronnen met een waarneembare trillingssterkte. Andere bronnen zijn daarom niet meegenomen in dit onderzoek.

2.3 Bouwlocatie

De metingen zijn uitgevoerd op maaiveldniveau op de locatie van de geplande nieuwbouw aan de Buitendijksweg. De te bouwen panden liggen op een afstand van minimaal 20 meter tot het dichtstbijzijnde spoor. Het spoor ligt hier op maaiveldniveau. Een luchtfoto van de locatie met daarop de meetlocaties is weergegeven in Figuur 2-2. Op deze locatie zijn twee metingen uitgevoerd op maaiveld: een onbemande lange meting met één meetpunt en een bemande korte meting met tien meetpunten op meerdere locaties. Het meetpunt voor de lange meting is ook tijdens de korte meting gebruikt.

De afstanden van de sensoren tot het dichtstbijzijnde spoor zijn gegeven in Tabel 2-3. Een foto van het meetgebied staat in Figuur 2-3.



Figuur 2-2 Luchtfoto van de meetlocatie met de meetpunten.

Tabel 2-3 Afstanden sensoren tot het spoor

Sensornummer	Afstand tot het spoor
22	33 m
34	20 m
27	20 m
5	33 m
30	43 m
14	53 m



Figuur 2-3 Foto van de meetlocatie

2.4 Geplande bebouwing

De eigenschappen van de toekomstige bebouwing zijn nog niet bekend. Dit onderzoek gaat uit van een maximale bouwhoogte van 14m, zoals opgenomen in het bestemmingsplan. Er zijn daarom prognoses gemaakt van trillingsniveaus op de hoogste verdieping van woningen, voor woningen met verschillende eigenfrequenties van vloeren. Daarmee zijn verschillende combinaties van typen vloeren en overspanningslengtes gedekt in dit onderzoek.

Gezien de bodemopbouw, zie Bijlage III, is gerekend met gebouwen die op palen zijn gefundeerd.

3 Beoordelingskader

3.1 Algemeen

Treinverkeer kan aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder voor omwonenden. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR-richtlijn (2002) is hierop gebaseerd. Deze SBR-richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Op basis van langdurige ervaring met trillingen langs het spoor achten wij schade onwaarschijnlijk op een afstand van 30 meter tot het spoor. Er is daarom niet beoordeeld op de SBR A-richtlijn. Ook verstoring van apparatuur (SBR C-richtlijn) is niet aan de orde. In dit onderzoek is daarom alleen beoordeeld p de SBR B-richtlijn.

3.2 Grootheden

Conform de SBR B-richtlijn worden twee grootheden bepaald:

1. De trillingssterkte V_{max} . Dit is een dimensieloze indicatie van de maximaal ervaren trillingen gedurende de meetperiode, de zogenaamde pieksterkte van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald per 30 seconden, zie par. 9.2 en 9.3 van de SBR B-richtlijn. Van al deze maximale waarden per 30 seconden wordt de maximale waarde bepaald, de $v_{eff, max}$. Vervolgens wordt, op basis van de vijftien hoogst gemeten waarden een statistische berekening uitgevoerd met als resultaat de trillingssterkte die niet wordt overschreden door 95 procent van de passerende treinen, de V_{max} . Deze trillingssterkte is beoordeeld op de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn;
2. De trillingsintensiteit V_{per} , een dimensieloze indicatie van het tijdsgemiddelde van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 uitkomt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn niet of nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van V_{per} . Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen, zie ook par. 9.8 van de SBR B-richtlijn.

3.3 Streefwaarden

De SBR B-richtlijn kent drie types streefwaarden:

1. A1, de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
2. A2, de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
3. A3, de streefwaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} .

De hoogte van de streefwaarden is afhankelijk van een aantal criteria:

1. Of er sprake is van een nieuwe of bestaande situatie;
2. Periode gedurende de dag;
3. Gebouwfunctie.

De verschillende criteria worden hieronder toegelicht.

3.3.1. Nieuwe of bestaande situatie

In de SBR B-richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de streefwaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande

situaties. Omdat het om nieuwe gebouwen gaat langs een bestaande spoorlijn, wordt het onderzoeksgebied beoordeeld als nieuwe situatie, zie par. 10.3 van de SBR B-richtlijn.

3.3.2. Periode gedurende de dag

De SBR B-richtlijn maakt daarnaast onderscheid tussen dag, avond en nacht. Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht strenger zijn dan die gedurende de dag en avond. De SBR B-richtlijn kent de volgende periodes: dag (7.00 – 19.00 uur), avond (19.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur). De streefwaarden voor dag en avond zijn aan elkaar gelijk.

Bij metingen aan treinverkeer worden gewoonlijk de streefwaarden voor de nacht gehanteerd, omdat deze strenger zijn dan die van de dag. Deze keuze is gerechtvaardigd omdat het treinverkeer 's nachts doorgaans vergelijkbare trillingen geeft als het treinverkeer overdag.

3.3.3. Gebouwfunctie

Als derde criterium wordt onderscheid gemaakt naar de functie van een gebouw. De SBR B-richtlijn kent de gebouwfuncties *Gezondheidszorg*, *Wonen*, *Kantoor*, *Bijeenkomsten* en *Kritische werkruimte*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes. Op basis van deze drie criteria zijn de streefwaarden voor A1, A2 en A3 weergegeven in Tabel 3-1 voor nieuwe situaties. De huidige onderzoekslocatie heeft bestemming *wonen*, zie de omkaderde waarden in Tabel 3-1.

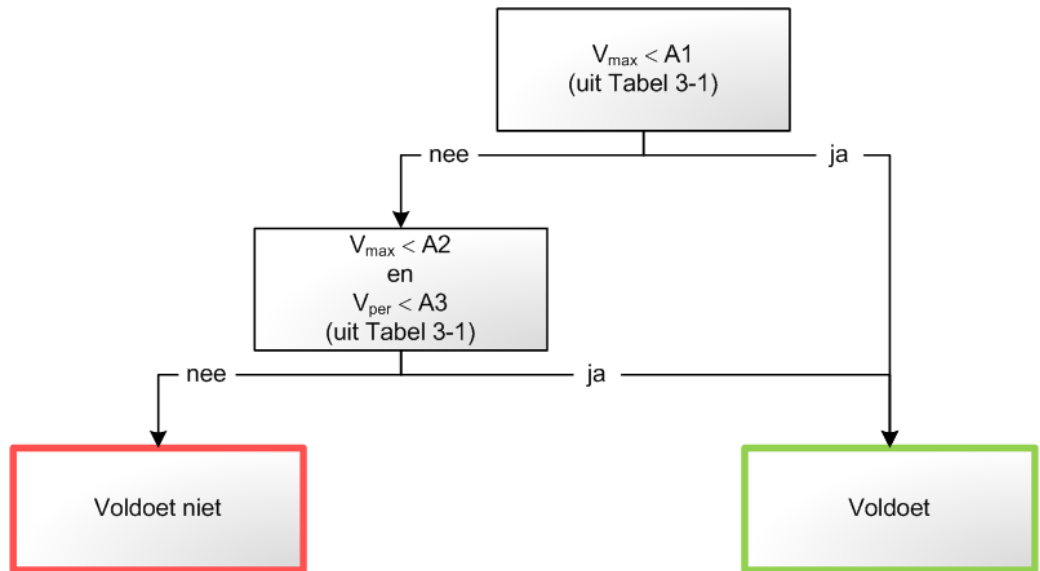
Tabel 3-1 Streefwaarden nieuwe situatie volgens SBR B-richtlijn

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
<i>Gezondheidszorg</i>	0.1 ¹⁾	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Wonen</i>	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Kantoor</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Bijeenkomsten</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Kritische werkruimte</i>	0.1	0.1	---	0.1	0.1	---

¹⁾ Een streefwaarde van 0.1 betekent een waarde kleiner dan 0.15

3.4 Beoordeling in huidige onderzoek

Om te beoordelen of een situatie voldoet, dient het schema in Figuur 3-1 te worden doorlopen. Een locatie voldoet aan het beoordelingskader wanneer de trillingssterkte lager is dan A1. Een tweede mogelijkheid om te voldoen is als de trillingssterkte lager is dan A2 en de trillingsintensiteit lager is dan A3.



Figuur 3-1 Stroomschema beoordeling nieuwe situatie in SBR B-richtlijn

4 Meetresultaten

4.1 Inleiding

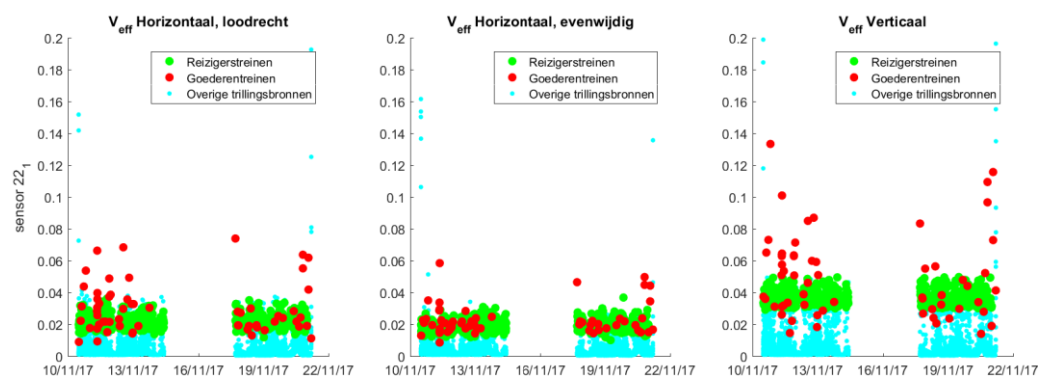
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de metingen beschreven. Er zijn twee metingen uitgevoerd:

1. Een korte meting met meerdere meetpunten, bedoeld om de variatie in bodemopbouw en spreiding van de trillingsniveaus binnen het onderzoeksgebied vast te stellen;
2. Een lange meting met één meetpunt, om de variatie van de trillingen over de tijd vast te stellen. Op deze manier ontstaat een representatief beeld van de trillingen over een looptijd van een week.

4.2 Meetresultaten

De gemeten trillingsnelheden van de treinen tijdens de lange meting zijn per richting weergegeven in Figuur 4-1. Dit betreft de trillingen op maaiveld op ca. 20 m afstand van het spoor (ca. 20 meter). Op maaiveld zorgen vooral goederentreinen voor hoge trillingen. De trillingen zijn weergegeven in drie richtingen:

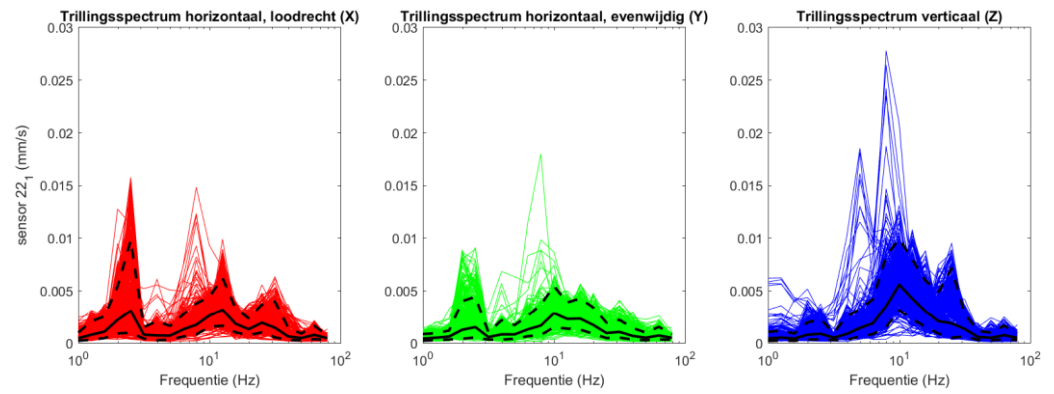
1. Horizontaal, loodrecht op het spoor (ook wel X genoemd);
2. Horizontaal, parallel aan het spoor (ook wel Y genoemd);
3. Verticaal (ook wel Z genoemd).



Figuur 4-1 Trillingssterktes op maaiveldniveau als functie van de tijd

Het trillingsspectrum van de gemeten treinen in deze periode is weergegeven in Figuur 4-2. De trillingen in verticale richting zijn dominant. In deze richting geven met name goederentreinen hoge trillingswaarden, met dominante frequenties tussen de 5 en 8Hz. De reizigerstreinen hebben een kleinere spreiding in spectra en geven trillingen met een dominante frequentie van 9Hz. In de horizontale richting loodrecht op het spoor geven reizigerstreinen hogere trillingen dan goederentreinen, met een dominante frequentie op 3Hz voor reizigerstreinen en 8Hz voor goederentreinen. De trillingen in horizontale richting, evenwijdig aan het spoor hebben dezelfde dominante frequenties als de trillingen loodrecht op het spoor, maar hebben lagere waarden.

Daarnaast is met de korte meting voor elk meetpunt bepaald hoe de gemeten trillingen in dat meetpunt zich verhouden tot de trillingen in meetpunt 22, het meetpunt voor de lange meting, zie Bijlage II. Met deze verhoudingen zijn voor elk meetpunt de trillingen van alle gepasseerde treinen vastgesteld.



Figuur 4-2 *Trillingspectra van treinpassages tijdens de lange meting*

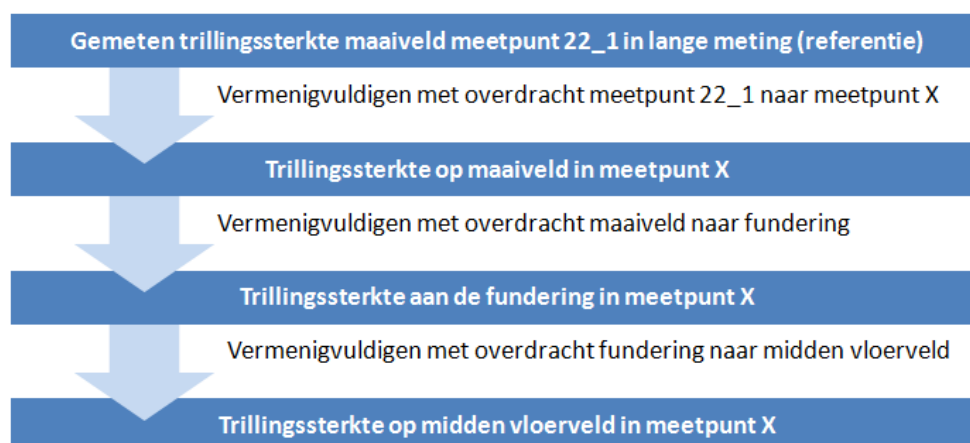
5 Analyse en berekeningen

5.1 Prognosemethode

De resultaten van de korte en de lange meting zijn gecombineerd met informatie over de mogelijk te bouwen woningen. Hiermee is een prognose gemaakt van de trillingssterktes aan de fundering en op de vloeren van de woningen, op de locatie van elk meetpunt. Daarnaast brengen we variatie in woningen in rekening door een 50%-waarde en een 95%-waarde te onderscheiden:

- 50%-waarde: De kans dat de trillingen lager zijn dan deze waarde is 50%. Deze waarde representeert daarmee de verwachtingswaarde voor trillingen in de woningen en geldt voor woningen met gemiddelde constructieve eigenschappen.
- 95%-waarde: De kans dat de trillingen lager zijn dan deze waarde is 95%. De kans op voorkomen is klein, maar niet verwaarloosbaar. De 95%-waarde wordt gebruikt als redelijkerwijs maximaal te verwachten trillingssterkte en geldt voor woningen met ongunstige constructieve eigenschappen.

De prognoses van trillingen op funderingsniveau en op midden vloerveld wordt gedaan volgens het stroomschema in Figuur 5-1.



Figuur 5-1 Methode voor bepalen van trillingssterktes aan fundering en op midden vloerveld, aan de hand van de lange meting op maaiveldniveau in meetpunt 22.

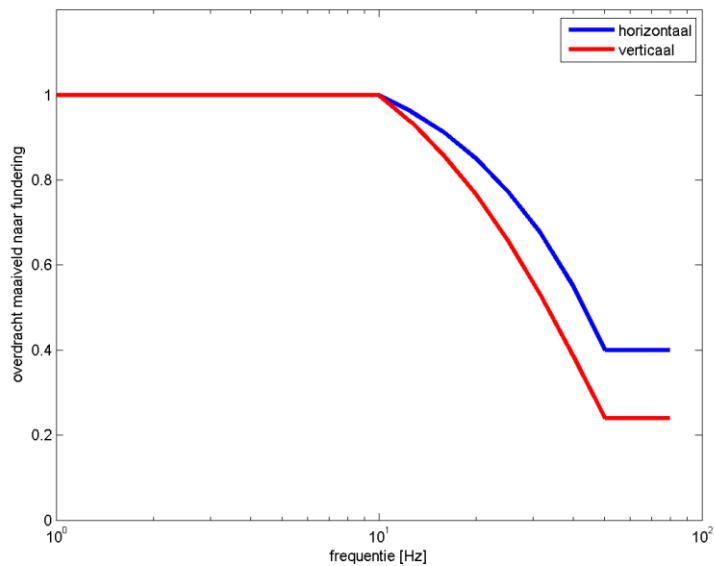
5.1.1. Overdracht tussen meetpunten

De overdracht van meetpunt 22 naar de overige meetpunten is bepaald tijdens de korte meting. Deze overdrachten zijn weergegeven in Bijlage II. Door deze overdrachten te vermenigvuldigen met de trillingen uit de langeduurmeting, zijn de trillingen uit die meting op elk willekeurig punt bepaald.

5.1.2. Overdracht maaiveld naar fundering

Een document van VROM geeft indicatieve richtlijnen voor het bepalen van de overdracht van trillingen van maaiveld naar fundering en van fundering naar midden vloerveld¹. Voor een fundering op palen is de overdracht van het maaiveld naar de fundering weergegeven in Figuur 5-2. Deze theoretische waarden komen goed overeen met praktijkwaarden uit metingen en zijn daarom in dit onderzoek aangehouden.

¹ Rekenmodel voor de bepaling van trillingssterkte, Ministerie VROM, mei 1995, distributienummer 12462/164.

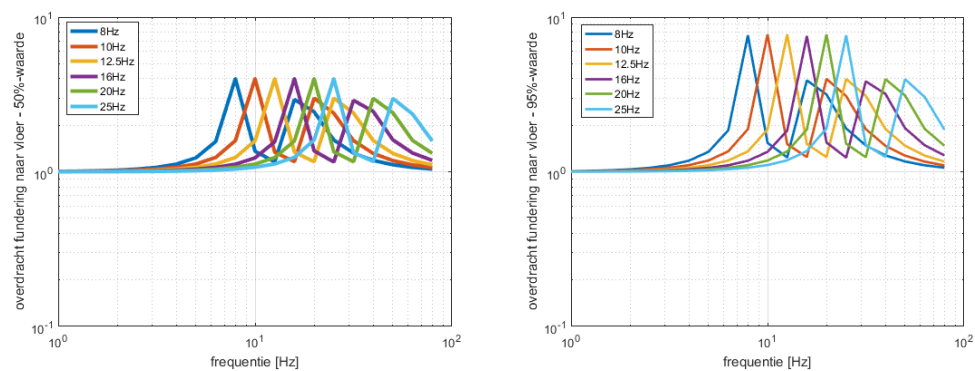


Figuur 5-2 Overdracht van de trillingssterkte van maaiveld naar de fundering.

5.1.3. Overdracht fundering naar midden vloerveld

De overdracht van fundering naar midden vloerveld is afhankelijk van het type vloer en de eigenfrequentie van de vloer. Het document van VROM geeft voor deze overdrachten een beeld dat niet geheel met praktijkmetingen overeenkomt. De gebruikte overdrachten van fundering naar midden vloerveld in dit onderzoek zijn daarom gebaseerd op een combinatie van de theoretische curves van VROM en daadwerkelijk gemeten overdrachten in gebouwen met vergelijkbare eigenschappen (bouwjaar, bouwhoogte, fundatietype) als de geplande bebouwing.

De gebruikte gemiddelde overdracht (50%-waarde) van fundering naar midden vloerveld in verticale richting voor vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz, 10 Hz, 12.5 Hz, 16 Hz, 20 Hz en 25 Hz is weergegeven links in Figuur 5-3. De 95%-waarde voor de overdrachten van vloeren met deze eigenfrequenties is rechts in Figuur 5-3 weergegeven. De piek van de overdracht van fundering naar midden vloerveld ligt op de eigenfrequentie van de vloer. In horizontale richting is in dit onderzoek een frequentieonafhankelijke overdracht aangehouden met een waarde van 1 (50%-waarde) en 2 (95%-waarde), gebaseerd op meetresultaten in vergelijkbare panden.



Figuur 5-3 50%-waarde en 95%-waarde van de overdracht van trillingen van de fundering naar midden vloerveld in verticale richting, voor vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz, 10 Hz, 12.5 Hz, 16 Hz, 20 Hz en 25 Hz

5.2 Resultaten

De trillingen op maaiveld en op de fundering op de locatie van de lange duurmeting (sensor 22) zijn weergegeven in Tabel 5-1. Op maaiveld zijn de trillingen lager dan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn. Vanwege de lage dominante frequentie (<10 Hz) van de trillingen, worden de trillingen van maaiveld naar fundering nauwelijks uitgedempt. Deze zijn daardoor gelijk aan de trillingen op maaiveld.

Tabel 5-1 Meetresultaten en beoordeling op maaiveld en fundering

	30 m, maaiveld			30 m, fundering		
	H1	H2	V	H1	H2	V
<i>V_{per, dag}</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<i>V_{per, avond}</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<i>V_{per, nacht}</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<i>V_{max, gemeten}</i>	0.07	0.06	0.13	0.07	0.06	0.13

5.2.1. 50%-waarde trillingen in woningen

Vervolgens is voor alle meetpunten een prognose gemaakt van de trillingssterktes in de woningen op de vloeren voor vijf vloervarianten: vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz, 12.5 Hz, 16 Hz, 20 Hz en 25 Hz. De resultaten van de prognoses voor de verwachte trillingsniveaus (50%-waarde) zijn samengevat weergegeven in Tabel 5-2. In deze tabel is alleen de V_{max} (hoogste trillingssterkte over de drie meetrichtingen (X, Y en Z)) weergegeven. Detailresultaten staan in Bijlage IV. Overschrijdingen van het beoordelingskader zijn in de tabel oranje gearceerd wanneer er alleen een overschrijding optreedt van de (strengere) streefwaarden voor de nacht, en rood als ook de (minder strenge) streefwaarden voor de dag worden overschreden. De resultaten op 20 en 33 meter zijn als range weergegeven, omdat op die afstanden meerdere meetpunten waren geplaatst.

Tabel 5-2 Verwachtingswaarde trillingssterkte voor verschillende types vloeren, op verschillende afstanden

Eigenfrequentie vloer	20 m	33 m	43 m	53 m
8 Hz	0.37-0.52	0.34-0.44	0.24	0.32
10 Hz	0.30-0.38	0.31-0.37	0.16	0.22
12.5 Hz	0.15-0.20	0.15-0.21	0.10	0.13
16 Hz	0.12-0.18	0.14-0.19	0.10	0.12
20 Hz	0.12-0.16	0.14-0.15	0.10	0.12
25 Hz	0.12-0.15	0.14	0.10	0.12

Kleur	Toelichting
Oranje	Mogelijke overschrijding, alleen 's nachts
Rood	Mogelijke overschrijding, zowel overdag als 's nachts

De verticale trillingen op midden vloerveld zijn in de meeste gevallen dominant boven de horizontale trillingen, vooral omdat de horizontale beweging van een pand doorgaans meer demping kent dan de verticale beweging van vloeren, waardoor de trillingen in horizontale richting minder sterk worden opgeslingerd.

Bij geen van de vloertypen treden overschrijdingen van V_{per} op. Ten aanzien van de

overschrijdingen van de trillingssterkte V_{max} geldt:

- Bij vloeren met eigenfrequenties van 12.5 Hz en hoger wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden binnen het plangebied;
- Voor vloeren met een eigenfrequentie van 10 Hz wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden vanaf 40 meter afstand tot het spoor;
- Voor vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden vanaf ca. 65 meter afstand tot het spoor.

In alle gevallen van de overschrijdingen gaat het om incidentele overschrijdingen, veroorzaakt door goederentreinen met ongunstige trillingskarakteristieken. Ook in dat geval ontstaat geen onaanvaardbaar woon- en leefklimaat.. De trillingen van reizigerstreinen blijven ruim onder de grenswaarden voor alle types vloeren.

De grenswaarde overdag wordt alleen bij vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz overschreden op afstanden tot 30 meter vanaf het spoor.

5.2.2. 95%-waarde trillingen in woningen

De hierboven genoemde waarden zijn de verwachtingswaarde van de trillingen (50%-waarde). Met de 95%-waarde is een bovengrens voor te verwachten trillingen gegeven, deze 95%-waarde correspondeert met de bovengrens aan de opslingering van trillingen in woningen zoals wij die tegenkomen in praktijkmetingen. Concreet correspondeert deze 95%-bovengrenswaarde met een situatie waarin gebouwen relatief kaal zijn ingericht (grote open ruimtes, weinig tussenwanden, vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van staal en beton). De 50%-waarde correspondeert meer met de meest voorkomende situaties.

In Tabel 5-3 staat een overzicht van de 95%-waarde van de V_{max} bij verschillende eigenfrequenties van vloeren op de verschillende meetpunten. De volledige resultaten voor de 95%-waarde worden weergegeven in Bijlage VI.

Tabel 5-3 95%-waarde trillingssterkte voor verschillende types vloeren, op verschillende afstanden

Eigenfrequentie vloer	20 m	33 m	43 m	53 m
8 Hz	0.70-0.95	0.63-0.83	0.45	0.60
10 Hz	0.53-0.70	0.67-0.50	0.26	0.39
12.5 Hz	0.17-0.26	0.24-0.29	0.19	0.23
16 Hz	0.14-0.25	0.24-0.27	0.19	0.23
20 Hz	0.14-0.16	0.15-0.24	0.19	0.23
25 Hz	0.14-0.16	0.23-0.24	0.19	0.23

Bij geen van de vloertypen treden overschrijdingen van V_{per} op. Ten aanzien van de overschrijdingen van de trillingssterkte V_{max} geldt:

- Bij vloeren met eigenfrequenties van 20 Hz en hoger wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden binnen het plangebied;
- Bij vloeren met eigenfrequenties van 16 Hz en hoger wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden vanaf 40 meter afstand tot het spoor. Daarbinnen zijn zeer lichte overschrijdingen mogelijk;
- Voor vloeren met een eigenfrequentie van 12.5 Hz en hoger wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden vanaf ca. 70 meter afstand tot het spoor. Binnen 40 meter van het spoor zijn ook overschrijdingen van de grenswaarde van de dag

- mogelijk;
- Voor vloeren met een eigenfrequentie van 8 Hz wordt de grenswaarde van V_{max} niet overschreden vanaf ca. 120 meter afstand tot het spoor. Binnen 80 meter van het spoor zijn ook overschrijdingen van de grenswaarde van de dag mogelijk.

Een aantal nuancerende opmerkingen bij de resultaten:

1. De hoge trillingen bij de lagere eigenfrequenties van de vloer zijn voornamelijk te wijten aan goederentreinpassages met een hoge trillingssterkte (afwijkende trillingskarakteristieken), waarbij de dominante treinfrequentie dicht bij de eigenfrequentie van de vloer ligt. De reizigerstreinen hebben een aanzienlijk lagere trillingssterkte. Dat betekent dat er slechts incidenteel sprake zal zijn van de in Tabel 5-2 genoemde trillingssterkte V_{max} . Dit is ook terug te zien in de lage waarden van het tijdsgemiddelde van de trillingen, de zogenaamde V_{per} (zie Bijlage IV). Het gaat dus om incidentele overschrijdingen (momenteel ca. 1 tot 2 per week).
2. Bij de vloerfrequentie van 10 Hz zijn de verwachte trillingen (50%-waarde) van vrijwel alle treinen weliswaar hoger dan de streefwaarden voor nieuwbouw, maar wel lager dan de streefwaarden voor bestaande bebouwing, waarin het zogenaamde 'gewenningseffect' is meegenomen. Dit treedt na verloop van tijd op, mensen wennen dan aan het wonen langs het spoor met de bijbehorende geluids- en trillingseffecten. Hetzelfde geldt voor woningen met een vloerfrequentie van 8 Hz op een afstand van 33m of meer van het spoor.
3. Bij een goede bouwwijze zijn de rekenresultaten voor de verwachtingswaarde het meest representatief. Bij een voldoende hoge eigenfrequentie van de vloeren ontstaan dan geen overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingshinder.

5.3 Betrouwbaarheid

De prognoses zijn gebaseerd op de meest recente inzichten en de uitgangspunten zoals opgenomen in hoofdstuk 2. Desondanks zijn er een aantal parameters die kunnen leiden tot andere uitkomsten dan zoals hierboven beschreven:

1. Wijzigingen in de sporenlay-out, het spoorgebruik of de rijsnelheid van de treinen. In dat geval dient ProRail echter trillingsonderzoek uit te voeren;
2. Toename van het aantal treinen, waardoor de waarde van V_{per} hoger wordt. De waarde van V_{max} neemt hierdoor niet toe. De waarde voor V_{per} is nu echter dusdanig laag, dat ook bij verhoging van de intensiteit van goederentreinen geen overschrijdingen te verwachten zijn;
3. De ligging van het spoor heeft invloed op de trillingen van het treinverkeer, deze spoorligging hangt samen met (onder meer) de onderhoudscyclus van het spoor. Naar verwachting zorgt deze variatie in spoorligging voor een variatie van +/- 25 procent in de trillingen;
4. Omdat de exacte detaillering van de bebouwing nog niet bekend is, is de spreiding in te verwachten waarden op midden vloerveld nog vrij hoog. Deze spreiding is in rekening gebracht in de prognoses van de 50%-waarde en de 95%-waarde.

5.4 Voorkomen van trillingshinder

Op basis van deze resultaten, trekken we de conclusie dat trillingshinder in de te bouwen woningen voorkomen kan worden, door te kiezen voor vloeren met een eigenfrequentie van 12.5 Hz of hoger en bij de positionering van de woningen te kiezen voor een locatie zo ver mogelijk bij het spoor vandaan. De eigenfrequentie van een vloer is afhankelijk van de overspanningslengte en de stijfheid van de vloer. Grote overspanningen en slappe vloeren geven lage eigenfrequenties, terwijl kleinere overspanningen en stijvere vloeren hogere eigenfrequenties hebben.

Wanneer u dichterbij dan 40m bij het spoor wenst te bouwen, is trillingshinder te voorkomen door bij het ontwerp van de woningen rekening te houden met trillingen. We adviseren u ook in dat geval te kiezen voor vloeren met een eigenfrequentie hoger dan 12.5Hz, in combinatie met een vloertype met een hoge demping. Breedplaatvloeren hebben bijvoorbeeld een hogere demping dan kanaalplaatvloeren en zullen trillingen vanuit de fundering daarom minder versterken. Dit draagt bij aan lagere trillingsniveaus in de woning. Verder kan bij de keuze voor bouwmaterialen mogelijk gekozen worden voor materialen met een zo hoog mogelijke demping (staal heeft bijv. minder demping dan beton, beton minder dan metselwerk, metselwerk weer minder dan hout).

Het nemen van aanvullende trillingsreducerende maatregelen (zoals het afveren van de fundering van de woningen) is alleen nodig om te voldoen aan het beoordelingskader als bij de verdere detaillering van de woningen geen rekening wordt gehouden met bovenstaande aanbevelingen.

6 Conclusies

In dit onderzoek zijn metingen en berekeningen uitgevoerd om de verwachte trillingsniveaus in nieuw te bouwen woningen in Kampen (bestemmingsplan Reeve) te bepalen. Deze verwachte waarden zijn getoetst aan de streefwaarden voor nieuwbouw uit de SBR-B-richtlijn.

Trillingshinder in de nieuw te bouwen woningen is niet te verwachten als de eigenfrequentie van vloeren 12.5 Hz of hoger is en niet dichterbij het spoor wordt gebouwd. Wanneer dichterbij het spoor wordt gebouwd, is trillingshinder te voorkomen door te kiezen voor vloeren met een eigenfrequentie boven de 12.5 Hz en zoveel mogelijk gebruik te maken van materialen met een hoge demping. Het nemen van aanvullende trillingsreducerende maatregelen (zoals het afveren van de fundering van de woningen) is alleen nodig om te voldoen aan het beoordelingskader als bij de verdere detaillering van de woningen geen rekening wordt gehouden met bovenstaande aanbevelingen.

Tenslotte, ook bij lagere eigenfrequenties van de vloeren geldt dat er slechts incidenteel sprake is van overschrijdingen van het beoordelingskader. Alleen goederentreinen met sterk afwijkende trillingseigenschappen zorgen momenteel voor mogelijke overschrijdingen van het beoordelingskader. Deze treinen passeren slechts een- of tweemaal per week. Gezien het aantal overschrijdingen per week, de hoogte van de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} ontstaat ook dan geen onacceptabel woon- of leefklimaat.

Colofon

Opdrachtgever Debiteur nog onbekend

Uitgave Movares Nederland B.V.

Daalse Kwint
Daalseplein 100
3511SX Utrecht

Telefoon 0622792565

Ondertekenaar Carolien Christodoulou
Adviseur Dynamica

Projectnummer RM005526

Kenmerk D79-KCH-KA-1700157

© 2017, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, 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.

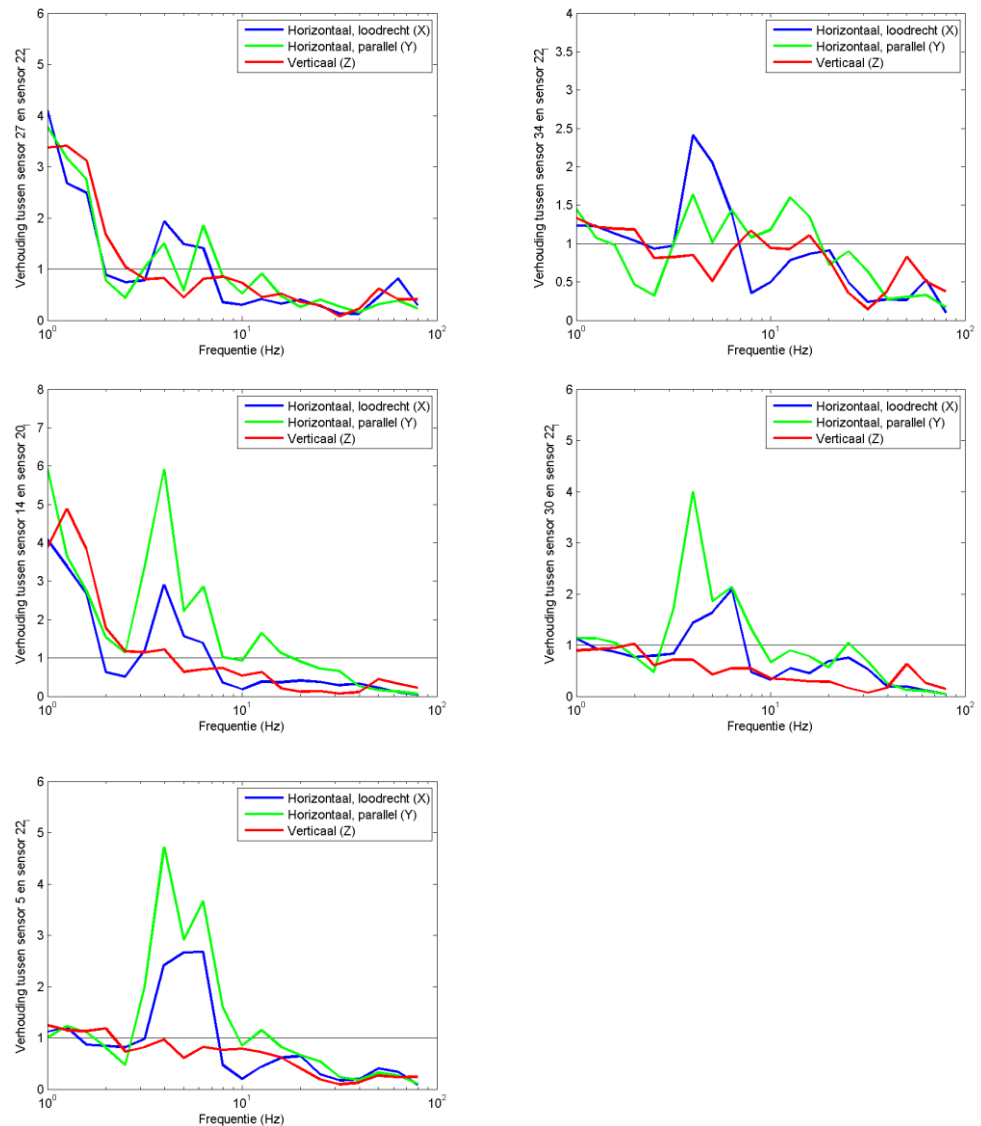
Bijlage I - Gegevens van de metingen

Conform de eisen in de SBR B-richtlijn, hoofdstuk 11, bevat deze bijlage de gegevens van de metingen.

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>Ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>Charlotte Paimen, Carolien Christodoulou</i>
3	Tijdspanne meting	<i>17-11-2017 12:30 tot 17-11-2017 16:00 (korteduurmeting) 10-11-2016 11:40 tot 21-11-2017 04:40 (langeduurmeting)</i>
4	Type trillingsbron	<i>Treinen.</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Woningen met een maximale bouwhoogte van 14 m.</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 2</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Zie Bijlage III</i>
8	Meetposities	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 2</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Zes 3D-geofoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Raspberry Pi met USB-DUX. Meetcomputers leggen zowel de trillingssterkte per 30 seconden als het tijdssignaal vast.</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 4</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Zie hoofdstuk 2</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2</i>

Bijlage II - Verhoudingen trillingen maaiveld

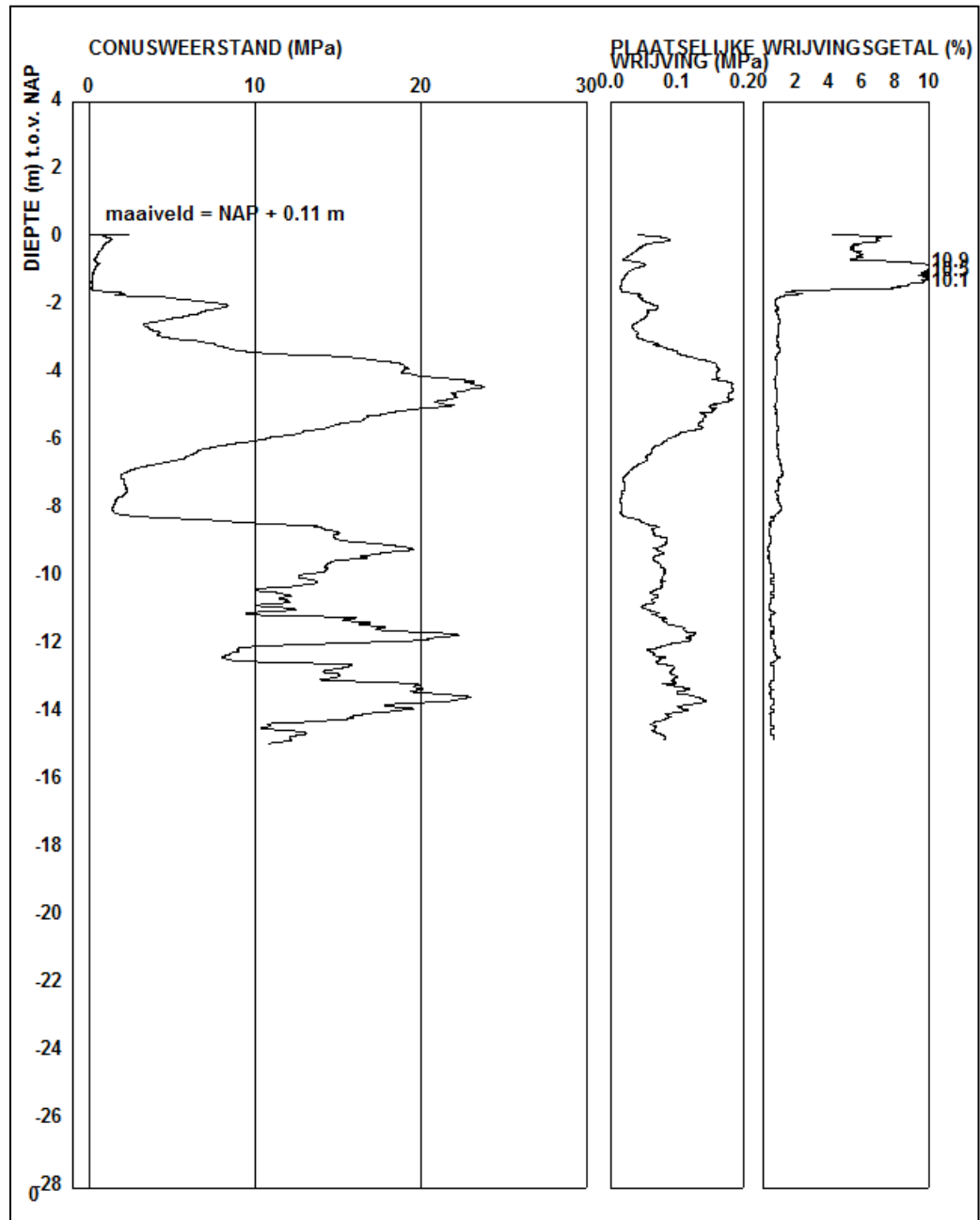
In Figuur II - 1 en Figuur II - 2 is de verhouding weergegeven (steeds in drie richtingen, horizontaal X, horizontaal Y en verticaal Z) tussen een sensor en sensor 22, de sensor van de langeduurmeting. Een waarde kleiner dan 1 betekent dat de trillingen op de betreffende sensor lager zijn dan bij sensor 22, een waarde boven 1 betekent dat de trillingen op de betreffende sensor hoger zijn. De verhouding is weergegeven als tertsbandspectrum tussen 1 en 100 Hz.



Figuur II - 1 Verhouding tussen trillingssignalen in de overige meetpunten ten opzichte van meetpunt 22, het referentiemeetpunt.

Bijlage III - Bodemopbouw

De bodemopbouw is weergegeven in Figuur III - 1. Dit betreft de meest nabijgelegen sondering die voor dit onderzoek beschikbaar was.



Figuur III - 1 Sondering CPT00000007810A (bron: Dinoloket)

Bijlage IV - Resultaten 50%- en 95%-waarde

Tabel 6-1 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 8 Hz²

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.37	0.07	0.06	0.52	0.07	0.05	0.44
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.10	0.14	0.34	0.08	0.10	0.24	0.07	0.12	0.32

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.03
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.03
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.70	0.15	0.12	0.95	0.07	0.05	0.83
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.63	0.16	0.19	0.45	0.14	0.23	0.60

Tabel 6-2 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 10 Hz

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.30	0.07	0.06	0.38	0.07	0.05	0.37
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.1	0.14	0.31	0.08	0.1	0.16	0.07	0.12	0.22

² X = horizontaal, loodrecht, Y = horizontaal, parallel en Z = verticaal

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.04
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.53	0.15	0.12	0.70	0.07	0.05	0.67
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.50	0.16	0.19	0.26	0.14	0.23	0.39

Tabel 6-3 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 12.5 Hz

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.15	0.07	0.06	0.20	0.07	0.05	0.21
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.1	0.14	0.15	0.08	0.1	0.09	0.07	0.12	0.13

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.17	0.15	0.12	0.26	0.07	0.05	0.29
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			<0.01		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.20	0.16	0.19	0.10	0.14	0.23	0.16

Tabel 6-4 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 16 Hz

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.12	0.07	0.06	0.18	0.07	0.05	0.19
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.1	0.14	0.12	0.08	0.10	0.07	0.07	0.12	0.11

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.14	0.15	0.12	0.25	0.07	0.05	0.27
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			<0.01		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.16	0.16	0.19	0.09	0.14	0.23	0.11

Tabel 6-5 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 20 Hz

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.12	0.07	0.06	0.16	0.07	0.05	0.15
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.10	0.14	0.11	0.08	0.10	0.07	0.07	0.12	0.10

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.12	0.15	0.12	0.16	0.07	0.05	0.15
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			<0.01		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.12	0.16	0.19	0.07	0.14	0.23	0.1

Tabel 6-6 Meetresultaten en beoordeling voor vloeren met eigenfrequentie 25 Hz

50% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.06	0.07	0.12	0.07	0.06	0.15	0.07	0.05	0.14
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			53 m, s14-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.10	0.14	0.11	0.08	0.10	0.07	0.07	0.12	0.10

95% waarde	20 m, s27-1			20 m, s34-1			33 m, s22-1		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, SBRB	0.13	0.14	0.12	0.15	0.12	0.16	0.07	0.05	0.23
	33 m, s5-1			43 m, s30-1			<0.01		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, SBRB	0.21	0.24	0.11	0.16	0.19	0.07	0.14	0.23	0.10