

# UITHOORNLIJN

## Trillingsonderzoek

9 JUNI 2017

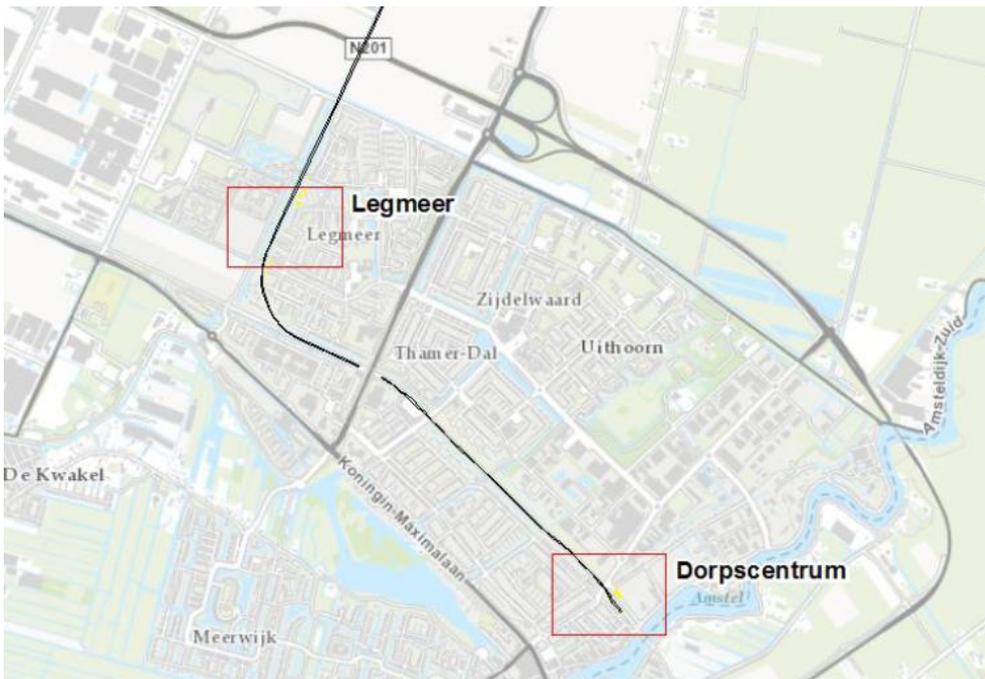
# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>4</b>
1.1	Referenties	4
1.2	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>BEOORDELINGSKADER</b>	<b>5</b>
2.1	Inleiding	5
2.2	Aanpak hinderbeoordeling volgens SBR	5
<b>3</b>	<b>UITGANGSPUNTEN PROGNOSE</b>	<b>7</b>
3.1	Inleiding	7
3.2	Frequentie domein	7
3.3	Bronsterkte	8
3.4	Demping van de trillingen	9
3.5	Overdracht trilling van grond naar vloeren	10
3.6	Bebouwing	10
<b>4</b>	<b>TOETS TRILLINGSINTENSITEIT</b>	<b>12</b>
4.1	SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen	12
4.2	Toets prognose trillingsniveaus	13
<b>5</b>	<b>MITIGERENDE MAATREGELEN</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>16</b>

# 1 INLEIDING

In het kader van de Planuitwerking Uithoornlijn, wordt in het voorliggend document ingegaan op het aspect trillingen.

Het rapport betreft een nadere analyse en uitwerking van de Quick Scan trillingen uitgevoerd in de Planstudie fase van het project (ref[1].) Daarbij wordt nader ingegaan op de trillingsverwachting voor de in genoemde quick scan geïdentificeerde aandachtsgebieden "Legmeer" en "Dorpscentrum". De aandachtsgebieden zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Overzicht van aandachtsgebieden trillingen Uithoornlijn (bron: ref[1])

## 1.1 Referenties

1. Uithoornlijn, Planstudie, Quick Scan trillingen, Movares, versie 4.0, 11 mei 2016.
2. SBR Meet- en beoordelingsrichtlijn A Trillingen, Schade aan gebouwen, SBR, 2002
3. SBR Meet- en beoordelingsrichtlijn B Trillingen, Hinder voor personen in gebouwen, SBR, 2002
4. Tram Vlaanderen-Maastricht, actualisatie prognose trillingen, Arcadis, kenmerk 078107541:0.1 Definitief, 27 oktober 2014.
5. RijnGouweLijn-Oost, Trillingsonderzoek 2009, definitief, DGMR, Rapport V.2009.1067.02.R001, 15 januari 2010.
6. Trillingsonderzoek Sporen in Utrecht, Onderzoek naar mitigerende maatregelen, Movares, D79-PDO-KA-1400062 Versie 1.0., 31 maart 2014 -
- 7.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het beoordelingskader van trillingen naar aanleiding van spoorverkeer. In hoofdstuk 3 wordt nader ingegaan op de uitgangspunten voor de trillingenprognose. Trilling-mitigerende maatregelen worden in hoofdstuk 4 besproken. De conclusies van het onderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

## 2 BEOORDELINGSKADER

### 2.1 Inleiding

Voor de beoordeling van trillingen is momenteel geen wettelijk toetsingskader beschikbaar.

Overeenkomstig de gangbare praktijk wordt voor dit project gebruik gemaakt van de SBR-richtlijnen trillingen (SBR, 2003).

De volgende richtlijnen zijn van toepassing:

- In de SBR-richtlijn deel A, Schade aan gebouwen, worden criteria/grenswaarden van maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om schade aan gebouwen te voorkomen.
- SBR-richtlijn deel B, Hinder voor personen, definieert grenswaarden voor trillingen voor hinder voor personen.
- In SBR-richtlijn deel C, Storing aan apparatuur, worden grenswaarden voor maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om storingen aan apparatuur te voorkomen.

De hinderbeleving, waarvoor in deel B van de richtlijn een beoordelingskader is opgenomen, wordt hier als uitgangspunt voor het toetsingskader gehanteerd.

Schade aan bebouwing, onderwerp in deel A van de richtlijn, komt aan de orde bij hogere trillingsniveaus dan hinder en is daardoor niet maatgevend.

Richtlijn C heeft betrekking op zeer specifieke trillingsgevoelige objecten. Er zijn langs het tracé geen bedrijven bekend met zeer trillingsgevoelige apparatuur. Om die reden wordt deel C verder niet in de beoordeling betrokken.

### 2.2 Aanpak hinderbeoordeling volgens SBR

In SBR-richtlijn deel B, hinder voor personen, worden trillingen door spoorverkeer beoordeeld als een herhaald voorkomende trilling gedurende lange tijd.

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in de functie van het gebouw en eventueel in de functie van de ruimte in dat gebouw:

- Gezondheidszorg.
- Wonen.
- Kantoor en onderwijs.
- Bijeenkomstgebouwen (bioscopen, aula's, schouwburgen, kerken).
- Kritische werkruimten (bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers, studiezalen).

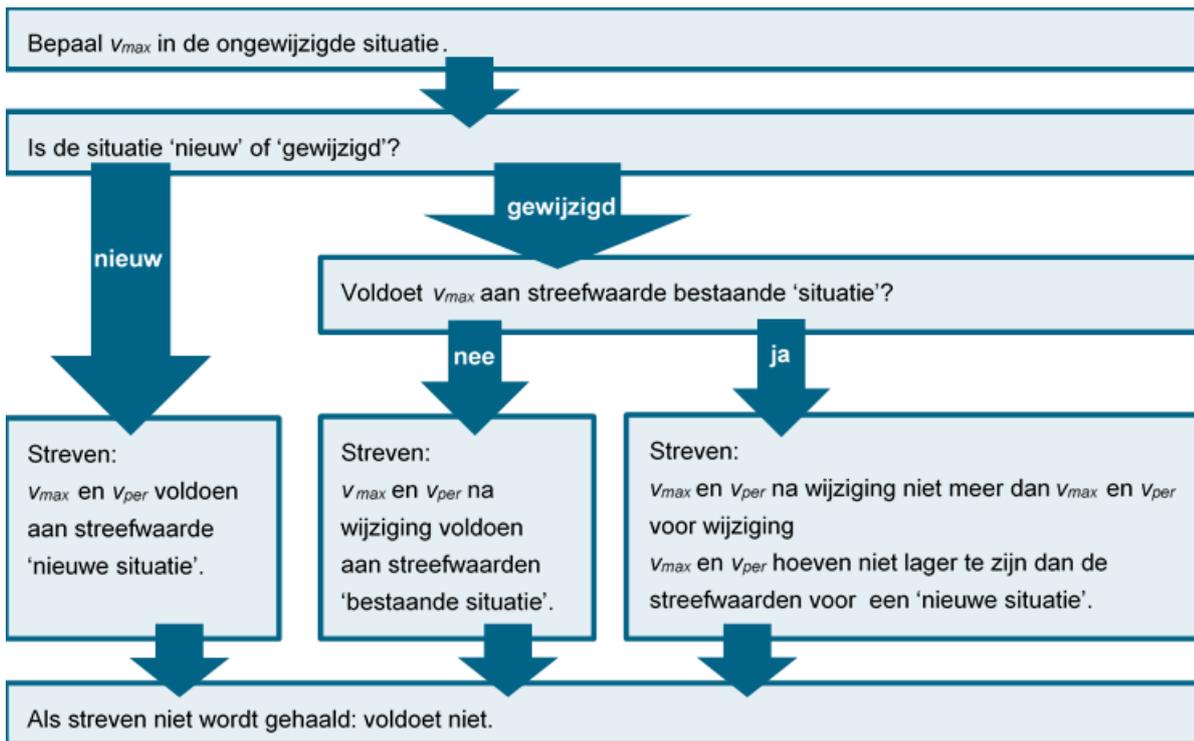
De richtlijn maakt onderscheid tussen de beoordeling van een bestaande, nieuwe en gewijzigde situatie.

De aanpassing betreft de aanleg van een light rail verbinding en wordt beschouwd als een nieuwe situatie.

Beoordeling vindt plaats aan de hand van de maximale trillingssterkte ( $v_{eff,max}$ ) en de effectieve waarde van de maxima per beoordelingsperiode ( $v_{per}$ ). In de  $v_{per}$  wordt zowel de gemiddelde effectieve waarde van de (gemeten) trillingen meegenomen als de gesommeerde duur van de trillingen in de beoordelingsperiode.

De SBR-richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen) geeft drie verschillende streefwaarden  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$  ter toetsing van de  $v_{eff,max}$  en de  $v_{per}$  (dimensieloze snelheden) op. Deze streefwaarden zijn erop gericht hinder door trillingen te voorkomen (nieuwe situatie) of zoveel mogelijk te beperken (gewijzigde situatie).

Het volgende stroomschema (zie Figuur 2) geeft een overzicht van de beoordelingsprocedure van de trillingssterkte op basis van streefwaarden voor de gewijzigde en een nieuwe situatie.



Figuur 2 Schematisatie beoordeling trillingen richtlijn Trillingen deel B

De streefwaarden voor een nieuwe situatie zijn weergegeven in Tabel 1.

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	-

Tabel 1 Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen door weg- en railverkeer in nieuwe situaties (SBR-richtlijn deel B)

Voor de functies wonen en gezondheidszorg, is de nachtsituatie veelal maatgevend. De nachtsituatie verschilt met de dag en avond in de waarde voor A2. In de nacht dient de piekwaarde van de trillingsintensiteit de helft te zijn van de piekwaarde gedurende de dag en de avond.

## 3 UITGANGSPUNTEN PROGNOSE

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten onderliggend aan de trillingsprognose benoemd en toegelicht. Deze uitgangspunten vormen de basis van het model dat is gebruikt voor de predictie van de trillingen die in de toekomstige situatie door de tram worden veroorzaakt.

Het betreft de volgende uitgangspunten:

- Beschrijving van de bronsterkte.
- Het beschrijven van de verspreiding van de trillingen in de ondergrond.
- Het bepalen van een overdrachtsfactor tussen de trillingen in de grond en de trillingen die worden gemeten op de vloer in de bebouwing.
- Kenmerken van de bebouwing langs het tracé.

Met behulp van de bovengenoemde kenmerken, waarbij rekening wordt gehouden met de mogelijke variatie langs het binnenstedelijk tracé, wordt een model gehanteerd waarmee de trillingsniveaus op karakteristieke locaties langs het tracé wordt bepaald. De trillingsniveaus worden uitgedrukt in de effectieve snelheid van de trilling.

Het gehanteerde model omvat de volgende basis relatie:

$$v = v_0 \cdot C_{snelheid} \cdot C_{bocht} \cdot C_{bodem} \cdot C_{woning}$$

Hierin is

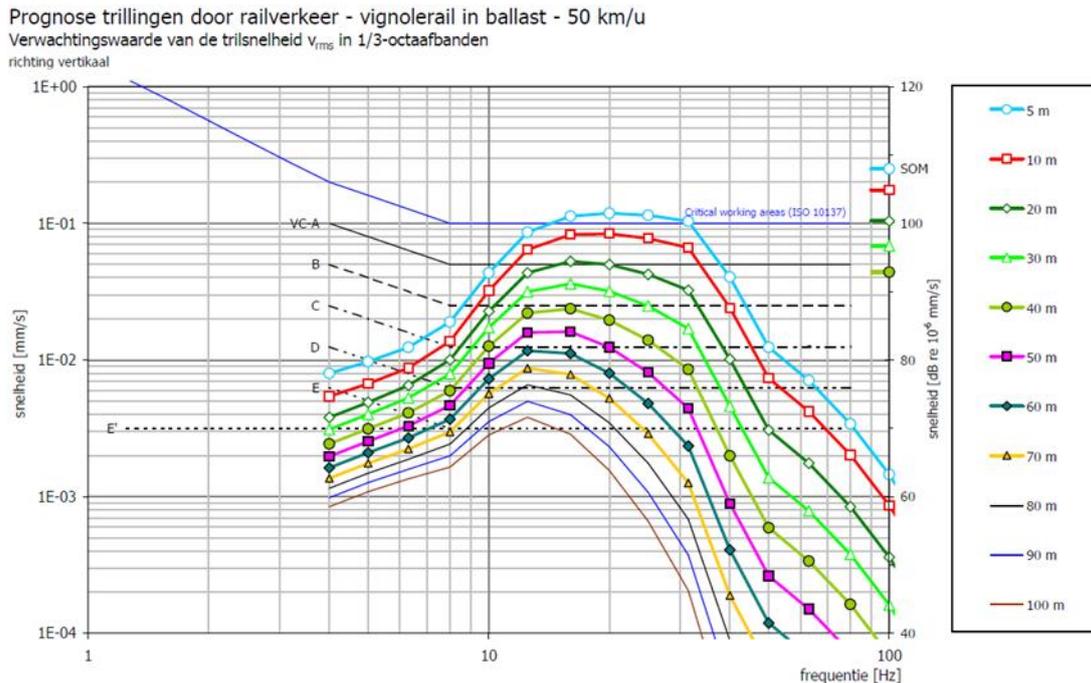
- $v$  = trilsnelheid in de woning, die getoetst wordt aan de SBR richtlijn deel B.
- $v_0$  = trilsnelheid op maaiveld gemeten of berekend op referentie afstand  $x_0$ .
- $C_{snelheid}$  = correctiefactor voor de rijsnelheid van de tram.
- $C_{bocht}$  = correctiefactor voor (krappe) bogen.
- $C_{bodem}$  = factor voor de geometrische overdracht in de bodem (ruimtelijke en fysische demping).
- $C_{woning}$  = overdrachtsfactor voor de trillingen van maaiveld voor de woning naar verdiepingvloer.

In hoofdstuk 4 worden de met behulp van het prognosemodel bepaalde trillingsniveaus in de eerste lijnsbebouwing langs het tracé gepresenteerd en getoetst aan de streefwaarden voor hinder op basis van de toetsingsmethode van de SBR-richtlijn trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen.

In de navolgende paragrafen wordt ingegaan op de uitgangspunten die zijn gehanteerd in de trillingsbeoordeling. Hierbij wordt alleen ingegaan op projectuitgangspunten die afwijken van de uitgangspunten zoals gehanteerd in ref[1]. Daarnaast zijn modeluitgangspunten vermeld die in ref[1] niet zijn weergegeven, maar die ten behoeve van de prognoses noodzakelijk zijn.

### 3.2 Frequentie domein

De trillingen die bij een trampassage worden gegenereerd omvatten trillingen in een breed spectrum van frequenties. Voor een tram kan op basis van ref [5 ] het volgende spectrum worden aangehouden voor passages bij spoor in ballast.



Figuur 3 Verwachtingswaarden trillingen lightrail (bron: ref[5])

Voor een spoorconstructie die vergelijkbaar is met Rheda City is ten behoeve van de Tramlijn Vlaanderen Maastricht (ref [4]) bij metingen in Den Haag bepaald dat bij een dergelijke spoorconstructie de maatgevende trillingen in het hoge gedeelte van het maatgevende frequentiebereik voor spoor in ballast liggen.

Op basis van deze uitgangspunten is aangenomen dat voor de Uithoornlijn, waar vergelijkbare spoorconstructies worden toegepast en vergelijkbaar materieel wordt ingezet, de dominante trillingen in het frequentiedomein van 12 -32 Hz liggen en dat frequenties kleiner dan 10 Hz niet maatgevend zijn.

### 3.3 Bronsterkte

De bronwaarde van de trillingen in de grond is op basis van metingen in een vergelijkbare situatie (vergelijkbare tram en baanconstructie) afgeleid (ref[4]). In deze studie is op basis van uitgevoerde trillingsmetingen de bronsterkte op een referentieafstand van 10 m vanuit het spoor bepaald.

Op basis van statistische analyse van de dataset is in het meetrapport de gemiddelde trillingssterkte en de 95% bovengrenswaarde van de trillingssterkte op de referentieafstand 10 m bepaald.

De gehanteerde waarden zijn vermeld in Tabel 2.

In de trillingssterktes zoals vermeld in de tabel is de snelheidsfactor  $C_{snelheid}$  (zie formule in paragraaf 3.1) verwerkt. Of anders gezegd: de vermelde waarden in de kolommen 2 en 3 stellen de term  $v_0 \times C_{snelheid}$  voor.

rijnsnelheid [km/uur]	veff. gem [-]	veff 95 [-]
20	0,061	0,141
30	0,085	0,203
40	0,120	0,312
50	0,170	0,50

Tabel 2 Bronwaarde trillingsintensiteit (gemiddeld en 95%-waarden) als functie van rijnsnelheid.

Op basis van de tramsnelheden zoals vastgelegd in het referentieontwerp is per maatgevende locatie de maatgevende bronsterkte vastgelegd.

### 3.4 Damping van de trillingen

Voor de prognose van de trillingen wordt een analytisch model gebruikt. Dit model is gebaseerd op twee principes, namelijk:

- Damping door verspreiding van de trilling in drie richtingen.
- Verzwakking door materiaal damping.

In de gebruikte vergelijking van de Barkan-curve is dit als volgt beschreven:

$$C_{\text{bodem}}(x) = \left(\frac{x_0}{x}\right)^n e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Waarin:

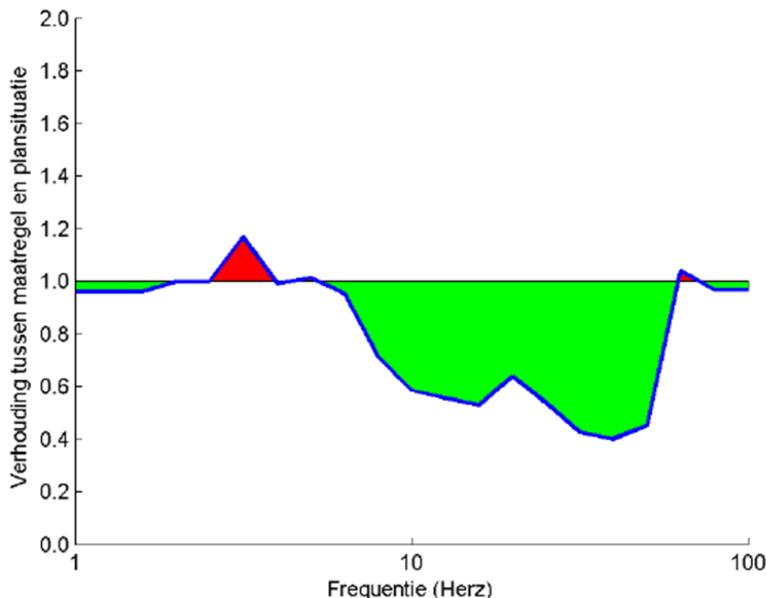
- $C_{\text{bodem}}(x)$  = Factor voor de geometrische overdracht in de bodem (ruimtelijke en fysische damping) [-].
- $x_0$  = Referentie-afstand tot de bron (= 10 m) [m].
- $x$  = Afstand tot de bron [m].
- $\alpha$  = Karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldamping [ $\text{m}^{-1}$ ].
- $n$  = Geometrische dempingsfactor [-].

Uit de opbouw van de ondergrond op de projectlocatie en literatuur is een factor voor materiaaldamping aangenomen van  $\alpha = 0,03$ .

Omdat de tram als een lijnvormige trillingsbron kan worden beschouwd is  $n=0,3$  aangehouden.

Tussen het dijklichaam van de voormalige Haarlemmermeerspoorlijn en de woningen in Legmeer is een bermsloot aanwezig met een breedte van minimaal 5 m. Deze waterpartij heeft een gunstige invloed op de damping van de trillingen.

De invloed van een sloot met een diepte van 2 m is in ref[6] in Utrecht onderzocht. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in onderstaande figuur.



Figuur 4 Effect van een sloot op trillingsmitigatie (bron: ref[6])

Op basis van deze figuur wordt geconcludeerd dat:

- In de voor trams maatgevende frequenties van circa 12 Hz tot 31 Hz treedt door een sloot een damping op van 40% tot 60%.

- Opslingering van de trillingen in de orde van 20% is mogelijk in het lage frequentie domein van 2 - 4Hz. Deze lage frequenties zijn niet maatgevend voor trampassages.

Op basis van het bovenstaande wordt voor het traject ten noorden van "Aan de Zoom", in verband met de brede bermsloot een reductie op de trillingsniveaus in het gebied ten oosten van deze waterpartij van 50% in rekening gebracht.

### 3.5 Overdracht trilling van grond naar vloeren

Wanneer vloeren in trilling worden gebracht is het mogelijk dat de trilling een opslingering veroorzaakt. Dit betekent dat de trilling in plaats van verder uit te dempen beter voelbaar wordt. Dit wordt in rekening gebracht middels de overdrachtsfactor  $C_{woning}$ . Hierbij geldt voor deze factor dat:

- in geval factor = 0,75 dan zijn de trillingen op vloer niveau 75% van de trillingen die op maaiveldniveau bij het gebouw optreden.
- in geval factor = 1, dan is de trilling op vloerniveau gelijk aan de trilling op maaiveldniveau bij het pand.
- in geval factor = 3, dan vindt in het gebouw en in de vloer een verdrievoudiging plaats van de trillingen op de vloer ten opzichte van de trilling op maaiveldniveau bij het pand.

De bebouwing op de onderzoeklocatie Legmeer is gebouwd in de periode 1974 tot 1990. Op de locatie Dorpscentrum is in 2015 een bouwvergunning afgegeven voor een aantal woningen.

Op beide locaties is sprake van bebouwing van zodanig recente bouwdatum dat kan worden aangenomen dat de draagconstructie uit beton/metselwerk bestaat met betonnen vloeren. Dit betekent dat er waarschijnlijk sprake is van enige demping van de trillingen in de bebouwing. Veiligheidshalve is voor de overdracht van trillingen van bodem naar fundering een overdrachtsfactor  $C_{woning} = 1,0$  aangehouden.

Op de locatie Dorpsplein is bovendien enige bebouwing aanwezig die dateert uit 1910-1920. Omdat aangenomen kan worden dat de overdracht van trillingen in deze monumentale panden ongunstiger is (als gevolg van houten vloeren, geringere gebouwmassa etc.) is voor deze panden veiligheidshalve een overdrachtsfactor  $C_{woning} = 2,0$  gehanteerd.

### 3.6 Bebouwing

De maatgevende bebouwing in de aandachtsgebieden langs het tramtracés is met vermelding van de maatgevende kentallen samengevat in Tabel 3. De gegevens ten aanzien van de ouderdom van de bebouwing is bepaald op basis van BAG-gegevens. Op basis van dezelfde brondata is vastgesteld dat alle panden een woonfunctie hebben.

Voor de bestemming wonen gelden de strengste richtlijnen met betrekking tot trillingshinder.

Adres	Bouwjaar	Bestemming	Rijsnelheid [km/uur]	Afstand tram tot bebouwing [m]
<b>Legmeer</b>				
Bieslook 2	1974	wonen	50	22
In het Midden 55	1974	wonen	50	20
In het Midden 41	1974	wonen	50	17
In het Midden 37	1974	wonen	50	17
Zonedauw 116	1975	wonen	50	20
Zonedauw 114	1975	wonen	50	25
Aan de Zoom 2	1990	wonen	50	17
<b>Dorpscentrum</b>				
Petrus Steenkampweg 2 t/m 12	bvg 2015	wonen	30	30
Stationsstraat 41	1911	bijeenkomst	30	25
Thamerweg 3	1920	wonen	30	35

Tabel 3 Overzicht maatgevende panden voor trillingsanalyse in aandachtsgebieden

## 4 TOETS TRILLINGSINTENSITEIT

### 4.1 SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen

Voor de toetsing van de geprognosticeerde trillingsintensiteiten wordt de SBR-richtlijn “Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen” (SBR-B) gehanteerd, zoals toegelicht in hoofdstuk 2.

Voor de toetsing van de trillingen zijn de  $v_{eff,max}$  (maximale effectieve waarde van de momentane trillingsintensiteit) en de  $v_{per}$  (kwadratisch gemiddelde van de effectieve waarde van de maxima) van belang. De maximale waarde van de  $v_{eff,max}$  en de  $v_{per}$  zijn bekend, dit is namelijk de A2- en de A3-waarde uit de richtlijn SBR Trillingen deel B.

Voor de toetsing van de geprognosticeerde trillingen die de toekomstige tram zal gaan veroorzaken is gebruik gemaakt van de toetsingscriteria voor een nieuwe situatie. Voor de bebouwing met een bestemming wonen of gezondheidszorg wordt verschil gemaakt tussen de nachtsituatie en de dag- en avondsituatie. Aangezien gedurende de nacht dezelfde trams zullen gaan rijden als overdag is de nachtsituatie, waarin de piekwaarden lager moeten zijn maatgevend (zie Tabel 1).

Bij de bepaling van de totale blootstellingsduur aan trillingen per periode zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- tramlengte = 100 m
- blootstellingsduur is gelijk aan passeertijd van de tram

## 4.2 Toets prognose trillingsniveaus

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekende trillingsintensiteit  $v_{\text{eff,max}}$  en  $v_{\text{per}}$  weergegeven, die zijn berekend op basis van de 95% waarde van de bronsterkte.

Adres	$v_{\text{eff,max}}$	$v_{\text{per,dag}}$	$v_{\text{per,avond}}$	$v_{\text{per,nacht}}$	Toets dag	Toets avond	Toets nacht
<i>Legmeer</i>							
Bieslook 2	0,14	0,03	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
In het Midden 55	0,15	0,03	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
In het Midden 41	0,17	0,03	0,03	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
In het Midden 37	0,17	0,03	0,03	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
Zonedauw 116	0,15	0,03	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
Zonedauw 114	0,12	0,03	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
Aan de Zoom 2	0,35	0,06	0,05	0,03	voldoet	voldoet	$v_{\text{max}} > 0,2$
<i>Dorpscentrum</i>							
Petrus Steenkampweg 2 t/m 12	0,08	0,03	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
Stationsstraat 41	0,20	0,02	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet
Thamerweg 3	0,13	0,01	0,02	0,01	voldoet	voldoet	voldoet

Tabel 4 Prognose trillingsniveaus en toetsing aan streefwaarden

De  $v_{\text{per}}$  is afhankelijk van de treinfrequentie en dus voor dag – en nachtperiode verschillend. De waarden zijn daarom voor dag-, avond en nachtperiode afzonderlijk vermeld. Tevens zijn in de tabel de resultaten van de toetsing aan de streefwaarden (zie Tabel 1) weergegeven.

Voor de gemiddelde effectieve trillingsintensiteit  $v_{\text{per}}$  geldt dat deze volgens de SBR-methodiek uit metingen moet worden afgeleid door het kwadratische gemiddelde van de maximale meetwaarden in de meetperiode te bepalen. Dat betekent dat deze waarde, mits gebaseerd op metingen, geen statistische bovengrenswaarde voorstelt, maar een uitgemiddelde verwachtingswaarde.

Deze benadering komt het beste overeen met de prognose-bepaling van de  $v_{\text{per}}$ -waarden op basis van de 50% waarde van de bronsterkte (“de gemiddelde waarde”).

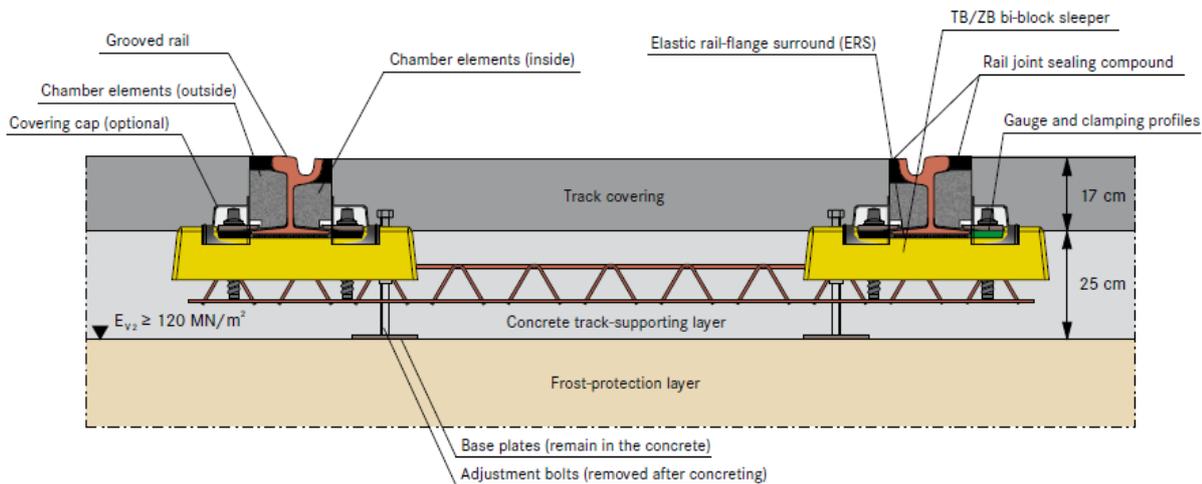
Bij deze benadering wordt echter geen rekening gehouden met de ruimtelijke variatie in de bronsterkte als gevolg van onderlinge verschillen in spoorligging en andere kleine locatie specifieke afwijkingen. Dit is niet erg realistisch, zoals ook blijkt bij vergelijking van metingen op ogenschijnlijk gelijke spooromstandigheden.

Om die reden wordt ook voor de beoordeling van de gemiddelde effectieve trillingsintensiteit  $v_{\text{per}}$  gerekend met de 95% bronsterkte.

## 5 MITIGERENDE MAATREGELEN

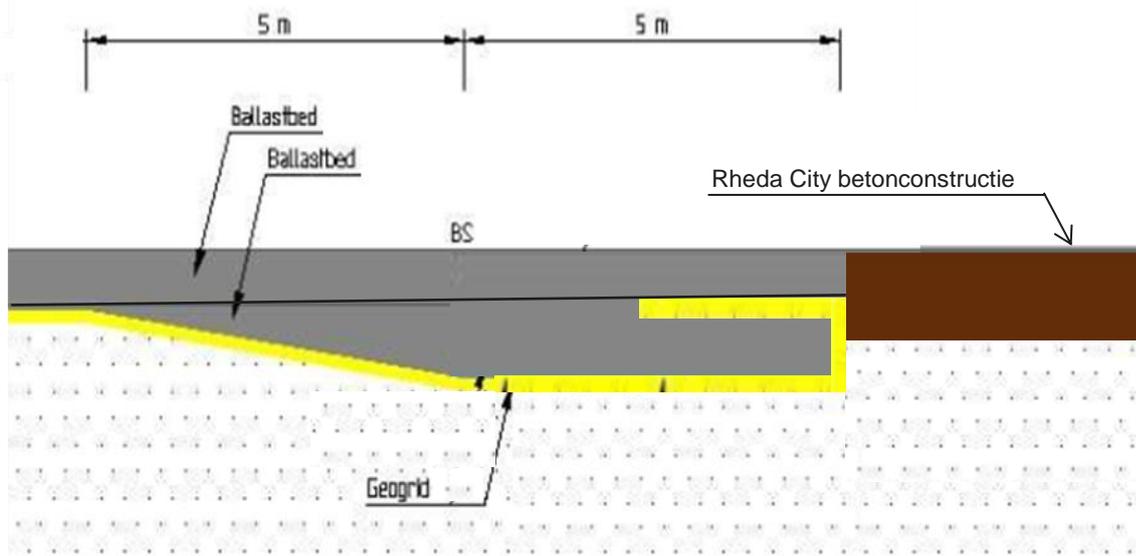
Voor de woningen die in ref [1] zijn aangemerkt als aandachts-locaties is, op basis van een nadere analyse, waarbij nader is gekeken naar het snelheidsprofiel, de gebouwenkenmerken en de omgevingsomstandigheden, wordt op basis van de omschreven uitgangspunten geconcludeerd dat het risico op overschrijding van de streefwaarden voor trillingshinder conform SBR richtlijn Trillingen deel B beperkt blijft tot de woningen Aan de Zoom.

Op dit gedeelte is geen bermsloot aanwezig tussen de tramlijn en de woningen. Het spoor wordt in dit gedeelte als Rheda City of een vergelijkbare spoorconstructie uitgevoerd. Er is in de trillingsberekeningen geen invoegverlies toegekend aan deze spoorconstructie ten opzichte van spoor in ballast. Om de overschrijding van de streefwaarden te voorkomen wordt geadviseerd een spoorconstructie toe te passen met een continue ondersteuning van een elastisch opgelegde spoorstaaf. Een principe voorbeeld van een dergelijke constructie is weergegeven in Figuur 5. Bij toepassing van een dergelijke constructie kan de bronsterkte met circa 40 % worden gereduceerd, waardoor een overschrijding van de streefwaarden wordt voorkomen. Het ontwerp van de constructie dient op de lokale ondergrondssituatie te worden afgestemd.



Figuur 5 Rheda City constructie met continue betonplaat en elastische spoorstaaf oplegging

Aandachtspunt is de overgang van de constructie in ballastbed naar een betonbaan constructie ter plaatse van de "Aan de Zoom". Een dergelijke overgang kan door het verschil in stijfheid van de beide constructievormen en het daarmee samenhangend verschil in zettingsgedrag, aanleiding geven tot een discontinuïteit en daardoor tot hogere trillingsniveaus. Het verdient aanbeveling op deze locatie een overgangsconstructie toe te passen met een lengte van minimaal 10 m om een geleidelijke overgang te creëren (zie Figuur 6)



*Figuur 6 Principe overgangsconstructie van ballastbed op Rheda City constructie*

## 6 CONCLUSIES

In vervolg op de quickscan naar de trillingssituatie van de Uithoornlijn, is in dit rapport een nadere analyse gemaakt van de verwachte trillingssituatie in de aandachtsgebieden Legmeer en het Dorpscentrum.

In het deelgebied Legmeer is voor een zevental woningen die als eerstelijnsbebouwing nabij de geplande Uithoornlijn zijn gesitueerd een nadere trillingsprognose uitgevoerd. Hierbij is rekening gehouden met de trilling-dempende werking van de watergang tussen het spoor en de woningen. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt geconcludeerd dat de trillingsniveaus die zullen optreden lager zullen zijn dan de streefwaarden conform de SBR B-richtlijn.

Bij de overgang van spoor in ballast naar spoor op betonplaat dient een overgangsconstructie te worden toegepast om hoge trillingsniveaus bij de overgang tussen beide spoorconstructies te voorkomen.

Om de trillingsniveaus bij de woningen nabij de weg "Aan de Zoom" te beperken tot waarden onder de streefwaarden dient de spoor constructie ter plaatse te worden uitgevoerd met een continue spoorstaaf fundering met elastische oplegging van de spoorstaaf. Deze constructie dient locatie specifiek te zijn.

In het aandachtsgebied Dorpscentrum is bebouwing aanwezig en zullen nieuwe woningen worden gebouwd voorafgaande aan de aanleg van de Uithoornlijn. Op basis van een nadere analyse waarbij rekening is gehouden met een maximale rijksnelheid van 30 km/uur is vastgesteld dat in zowel voor de bestaande bebouwing als de nieuwe bebouwing geen overschrijding van streefwaarden is te verwachten.

Schade aan bebouwing treedt op bij trillingsniveaus die beduidend hoger zijn dan de niveaus waarbij hinder wordt ervaren. Dat betekent dat er bij de geprognosticeerde trillingsniveaus geen kans op schade aan bebouwing is te verwachten.

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 220  
3800 AE Amersfoort  
Nederland  
+31 (0)88 4261261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

Onze referentie: 079409277 C