**Notitie**

**HaskoningDHV Nederland B.V.**
**Transport & Planning**

| | |
|---|---|
| Aan: | BPD |
| Van: | Royal HaskoningDHV |
| Datum: | 3 juli 2020 |
| Kopie: | |
| Ons kenmerk: | BG9319_T&P_NT_2007031500 |
| Classificatie: | Projectgerelateerd |

**Onderwerp:** **Quickscan aspect trillingen voor Herontwikkeling Willem Arntz Hoeve Den Dolder Zuidelijk ontwikkelveld (ZOV)**

---

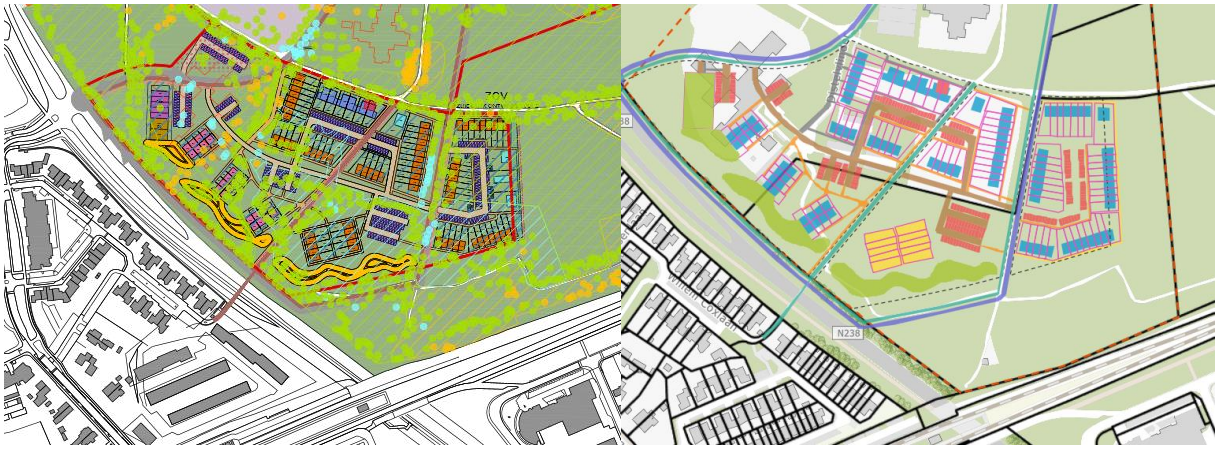
# Inleiding

Er is een trillingsonderzoek verricht voor het plan Herontwikkeling Willem Arntz Hoeve Den Dolder Zuidelijk ontwikkelveld (ZOV). Het aspect trillingen is in de voorliggende memo beschreven.

# Begrenzing plangebied

In het zuiden ligt het plangebied op circa 90 m afstand van het spoor. Op afbeelding 1 is de lay-out van het plan weergegeven.

*Afbeelding 1: lay-out zuidelijk veld*




Op basis van de Ontwikkelvisie WA-Hoeve Den Dolder 15 maart 2019 zijn in het ZOV zijn 142 woningen geprojecteerd in het ZOV, 33 appartementen, 24 rug aan rug woningen, 74 rijwoningen, 6 twee-onder-een-kapwoningen en 5 vrijstaande woningen/vrije kavels. De 24 rug aan rug woningen, 74 rijwoningen, 6 twee-onder-een-kapwoningen en 5 vrijstaande woningen/vrije kavels zijn maximaal twee bouwlagen hoog. De 33 appartementen zijn in een appartementsgebouw geprojecteerd. Van het appartementsgebouw is niet vastgelegd in de ontwikkelvisie uit hoeveel bouwlagen deze bestaat.

# Toetsingskader

In Nederland bestaat geen specifiek juridisch kader voor trillingen zoals geldt voor geluid met de Wet Geluidhinder. Het juridisch kader wordt door wetgeving bepaald welke niet specifiek voor trillingen is bestemd. Het kader wordt door het onderstaande bepaald:

Partijen kunnen elkaar in geval van trillingshinder of –schade civielrechtelijk aanspreken op basis van onrechtmatige daad. Hierbij wordt aangetekend dat in dergelijke geschillen de rechter tegenwoordig verder kijkt dan het pure causale verband tussen trillingen en het geclaimde gevolg (hinder of schade). Van minstens even groot belang voor de uitkomst van dergelijke zaken is de mate waarin partijen deskundig zijn en zich redelijk en zorgvuldig hebben opgesteld. Partijen die terzake deskundig zijn (grote opdrachtgevers van infrastructurele werken, bouwbedrijven, grote beheerders van infrastructuur) hebben een zwaardere plicht waar het betreft het informeren van de andere partij, het instellen van onderzoeken en het overwegen van alternatieven. Het principe dat de partij die eist ook moet bewijzen geldt altijd, maar in de praktijk wordt deze bewijsplicht door de rechter aanzienlijk lichter gewogen, zeker als de deskundige partijen zich weinig zorgvuldig hebben opgesteld.

In het ruimtelijk spoor is het kader de Wet Ruimtelijke Ordening (WRO). Dientengevolge dienen voor het aspect trillingen, bestemmingen ruimtelijk zorgvuldig te worden gescheiden.

Naast het juridisch kader is de jurisprudentie aangaande de meetrichtlijnen en normstelling van belang. In de gebruiksfase van de infrastructuur is de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” als normstelling te hanteren. Ook is de SBR A richtlijn “schade aan gebouwen” als normstelling te hanteren met betrekking tot de aanlegfase. De beoordelingssystematiek in de SBR B richtlijn “hinder voor personen in gebouwen” kent streefwaarden.

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

In het geval van trillingen langs infrastructuur tijdens de gebruiksfase is richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) van belang.

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn B betreft de zogenoemde $V_{max}$ en $V_{per}$. De $V_{max}$ betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De $V_{per}$ betreft de gemiddelde trillingssterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingsmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

De SBR richtlijn B kent de gebouwfunctie gezondheidszorg, wonen, onderwijs en kantoor en bijeenkomst.

In de bestaande situatie zijn geen woningen aanwezig in het plangebied. Hiermee wordt er in het licht van de SBR richtlijn B in eerste instantie vanuit WrO een interpretatie gegeven dat er sprake is van een nieuwe situatie.

Voor de functie wonen gelden voor kortdurende herhaalde trillingen zoals trillingen ten gevolge van het spoor de volgende streefwaarden:

*Tabel 1: streefwaarden (SBR richtlijn)*

| **Gebouwfunctie** | **A1**<br><br>**(dag / avond / nacht)** | **A2**<br><br>**(dag / avond / nacht)** | **A3**<br><br>**(dag / avond / nacht)** |
|---|---|---|---|
| Wonen nieuwe situatie | 0.1 / 0.1 / 0.1 | 0,4 / 0,4 / 0,2 | 0.05 / 0.05 / 0.05 |
| Wonen bestaande situatie | 0.2 / 0.2 / 0.2 | 0,8 / 0,8 / 0,4 | 0.1 / 0.1 / 0.1 |

In eerste aanleg wordt in het voorliggend onderzoek deze normstelling voor woningen gehanteerd.
Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte ($V_{max}$) kleiner is dan A1, of als
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{max}$) kleiner is dan A2 waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte ($V_{per}$) kleiner is dan A3.

De eerste regel met A1 betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig.

Als er niet wordt voldaan aan de toetsingssytematiek wat betreft streefwaarden, dient afhankelijk van de omstandigheden een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in de navolgende tabel (uit SBR-richtlijn, bijlage 5).

*Tabel 2: Hinderclassificatie*

| **$V_{max}$** | **Hinderkwalificatie** |
|---|---|
| < 0,1 | geen hinder |
| 0,1- 0,2 | weinig hinder |
| 0,2 – 0,8 | matige hinder |
| 0,8 – 3,2 | Hinder |
| > 3,2 | ernstige hinder |

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Naast de *“SBR B richtlijn Hinder voor personen” is er voor schade de “SBR-Richtlijn A schade aan gebouwen”*. Voor schade is de topwaarde van de trillingssterkte $V_{top}$ relevant. Deze schade trillingssterkten $V_{top}$ wordt uitgedrukt in mm/s. Alhoewel het een andere grootheid betreft en andere meetpunten aan een woning, kan gesteld worden dat de streefwaarden voor hinder veel maatgevender (lager) zijn, dan de grenswaarden voor schade. Door het hanteren van de streefwaarden voor hinder wordt voorkomen dat schade grenswaarden worden overschreden.

Vermeldenswaardig is verder dat er specifiek voor spoorse tracé besluiten de Beleidsregel TrillinghinderSpoor (Bts) bestaat.

## Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen

Op 18-7-2019 is de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen gepubliceerd door de rijksoverheid. De Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen (https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/18/handreiking-nieuwbouw-en-spoortrillingen). geeft aan hoe je ruimtelijk kunt omgaan met het aspect trillingen en verwijst naar de normstelling uit de SBR B richtlijn. Tav de planregels staat in paragraaf 5.4.2 van de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen

*Het toepassen van specifieke bouwregels bij het bestemmingsplan biedt verschillende mogelijkheden om te borgen dat trillingshinder wordt beperkt. Zo kan in de bouwregels van de bestemming wonen worden opgenomen dat er een minimale afstand moet zijn tussen het spoor en de te bouwen woningen. Ook kan er een voorwaardelijke verplichting worden opgenomen bij de bestemming wonen. Dit betekent dat de woningen alleen mogen worden gebouwd wanneer een bepaald trillingsniveau niet wordt overschreden, al dan niet na het nemen van trillingsreducerende maatregelen.*

## Metingen trillingen

Het aspect trillingen van het spoor wordt bepaald door de passages van de reizigerstreinen en cargotreinen. Het betreft de lijn Utrecht-Amersfoort/Soest. Aan de westzijde ligt op 200 m afstand halteplaats Den Dolder.

Op 2 april zijn enkele bemande metingen verricht. Van 2 t/m 9 april 2020 zijn onbemand trillingsmetingen op locatie verricht.

De meetpunten zijn gekozen aan de zuidoostzijde van het plan. Meetpunt MP1 ligt op 90 m van het hart van het dichtstbijzijnde spoor en op 17 m van het wandelpad. Het spoor ligt enkele meters hoger dan het maaiveld ter hoogte van meetpunt MP1.

*Afbeelding 2: situatie meetpunt MP1*

Alle trillingsmetingen zijn verricht met een vibra plus meetsysteem (VIB083). De vibra plus is tijdens de metingen met een sensor uitgerust. Deze sensor meet één verticale (kanaal 1) en twee horizontale componenten (kanaal 2 en 3). De humuslaag is verwijderd en een stalenpen van 60 cm is in de bodem aangebracht. De sensor is op de stalen pen aangebracht.

*Foto 1 t/m 4: meetopstelling*

Vanuit de meetopstelling zijn de sporen en passages goed zichtbaar. Er is sprake van doorgelast dubbelspoor zonder onderbrekingen op een ballastbed ter hoogte van het plan. Aan de westzijde ligt een perron.

In foto 5 en 6 is een passage van een reizigerstrein weergegeven ter hoogte van het perron.  Op het tracé rijden passagierstreinen volgens een dienstregeling en onregelmatig goederentreinen. Er zijn geen gegevens bekend op dit moment of en op welk moment goederentreinen hebben gereden tijdens de metingen. Er rijden elektrisch aangedreven treinen over het tracé.

*Foto 5 t/m 6: passages trein*

Het meetpunt ligt in een bos. Vastgesteld is dat de niveaus ten gevolge van treinpassages (0,2-0,4) significant hoger dan het achtergrondniveau (<0,1). Het verkeer in de omgeving veroorzaakt geen relevante trillingsniveaus. Het meetsysteem kan alleen door wandelaars en dieren worden beïnvloed. Het meetsysteem staat 17 meter van het wandelpad opgesteld. Om verstoring te voorkomen is het meetsysteem verdekt opgesteld en met takken bedekt om dit zoveel mogelijk aan het zicht te onttrekken.

In bijlage 2 zijn de ruwe meetdata van de metingen in MP1 per dag weergegeven. In tabel 3 zijn de meetresultaten ten gevolge van de treinpassages samengevat weergegeven. De metingen zijn op 2 april gestart. Tussen 13 en 14 uur zijn bemand enkele reizigerstrein passages en een goederentreinpassage waargenomen.

De onbemande metingen zijn van 2 april 14.10 uur t/m 9 april 12.24 uur uitgevoerd.

*Tabel 3: Meetdata Hinder maaiveld*

| | | **pieken** | | | **gemiddelden** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Grootheid** | | **$V_{max}$ [--] in X / Y / Z richting** | | | **$V_{per}$ [--]in X / Y / Z richting** | | |
| **meetpunt** | **Datum** | **dag** | **avond** | **nacht** | **dag** | **avond** | **nacht** |
| Maaiveld MP1 | 2 april | 0,21 / 0,21 / <0,1 * | 0,32 / 0,31 / <0,1 | 0,22 / 0,22 / <0,1 | 0,02 / 0,02 / 0,00 * | 0,03 / 0,02 / 0,00 | 0,02 / 0,02 /.0,00 |
| | 3 april | 0,34 / 0,27 / <0,1 | 0,32 / 0,25 / <0,1 | 0,23 / 0,18 / <0,1 | 0,03 / 0,03 / 0,00 | 0,03 / 0,02 / 0,00 | 0,02 / 0,01 / 0,00 |
| | 4 april | 0,37 / 0,28 / 0,14 | 0,17 / 0,15 / <0,1 | 0,21 / 0,16 / <0,1 | 0,03 / 0,02 / 0,00 | 0,02 / 0,02 / 0,00 | 0,01 / 0,01 / 0,00 |
| | 5 april | 0,38 / 0,29 / <0,1 | 0,34 / 0,26 / <0,1 | 0,35 / 0,27 / <0,1 | 0,03 / 0,02 / 0,00 | 0,03 / 0,03 / 0,00 | 0,02 / 0,02 / 0,00 |
| | 6 april | 0,35 / 0,30 / 0,12 | 0,39 / 31 / <0,1 | 0,37 / 0,31 / <0,1 | 0,03 / 0,03 / 0,00 | 0,03 / 0,03 / 0,00 | 0,02 / 0,02 / 0,00 |
| | 7 april | 0,38 / 0,30 / <0,1 | 0,33 / 0,28 / <0,1 | 0,37 / 0,27 / <0,1 | 0,04 / 0,03 / 0,00 | 0,04 / 0,03 / 0,00 | 0,02 / 0,02 / 0,00 |
| | 8 april | 0,40 / 0,33 / <0,1 | 0,34 / 0,27 / <0,1 | 0,37 / 0,28 / <0,1 | 0,05 / 0,04 / 0,00 | 0,04 / 0,03 / 0,00 | 0,02 / 0,02 / 0,00 |
| | 9 april | 0,39 / 0,31 / <0,1 * | -- | -- | 0,03 / 0,02 / 0,00 * | -- | -- |
| | **Hoogste waarde** | **0,40** | **0,39** | **0,37** | **0,05** | **0,04** | **0,02** |

* meetdata betreffen een gedeelte van deze periode

Van trillingen in meetpunt MP1, waarvan duidelijk is dat dit niet van treinen afkomstig zijn buiten beschouwing gelaten in tabel 3. Dit zijn lokale stoortrillingen van mensen of dieren.
De maximale trillingssnelheid $V_{max}$ bedraagt maximaal 0,40 en de gemiddelde trillingssnelheid $V_{per}$ bedraagt maximaal 0,05. De treinpassages hebben overwegend tussen de 40 en de 70 Hz de maatgevende frequentie.

De hoogste trillingsnelheden worden bepaald door de treinpassages en zijn trillingen in horizontale richting. In verticale richting zijn de trillingen significant lager.

Het meetsysteem heeft een drempelwaarde van trillingssterkte $V_{max}$ = 0,1, boven deze drempelwaarde wordt de meetwaarde opgeslagen. De meetwaarde in X richting (horizontaal parallel aan spoor) heeft de drempelwaarde in totaal 413 maal overschreden. De meetwaarde in Y richting (horizontaal loodrecht op spoor) heeft de drempelwaarde in totaal 504 maal overschreden. De meetwaarde in Z richting (verticaal) heeft de drempelwaarde in totaal 2 maal overschreden.

In de onderstaande tabel zijn de totale treinintensiteiten van de reizigers- en goederentreinen zoals aangeleverd door Prorail tijdens de metingen, de intensiteiten van de normale dienstregeling en de toekomstige intensiteiten in 2030 weergegeven.

*Tabel 4: intensiteiten*

| **TRILLINGEN** Ter hoogte van Den Dolder | Treinen/uur/richting (gemiddeld over een etmaalperiode) [afgerond op twee decimalen] | | |
|---|---|---|---|
| Situatie | Dag (7.00-19.00) | Avond (19.00-23.00) | Nacht (23.00-7.00) |
| 2-9 april 2020 | 5,27 | 5,31 | 1,95 |
| Normale Dienstregeling 2020 | 9,37 | 8,79 | 3,04 |
| Prognose 2030 | 10,73 | 9,53 | 3,15 |

## Beschouwing effecten

Op basis van de metingen zijn de verticale en horizontale trillingen beschouwd. Op basis van de publicatie “Gedrag van constructies en funderingen” is de overdrachtsverhouding $H_{xf}$ tussen trillingen op het maaiveld en de trillingen op de fundering.

$H_{xf} = H_{xf1} * H_{xf2}$

Hierbij $H_{xf1}$ en $H_{xf2}$ gegeven is voor laagbouw (< 12 m) in tabel 5, 6 en 7.

*Tabel 5: overdrachtsverhouding vertikaal $H_{xf1}$*

| Frequentie | Op palen | anders |
|---|---|---|
| < 10 Hz | 1,0 | 1,0 |
| 10-50 Hz | 1,1-0,01*f | 1,0 |

*Tabel 6: overdrachtsverhouding horizontaal $H_{xf1}$*

| Frequentie | Op palen | anders |
|---|---|---|
| < 10 Hz | 1,0 | 1,0 |
| 10-50 Hz | 1,0 | 1,0 |

*Tabel 7: overdrachtsverhouding $H_{xf2}$*

| Frequentie | Vertikaal | Horizontaal |
|---|---|---|
| < 10 Hz | 1,0 | 1,0 |
| 10-50 Hz | 1,15-0,015*f | 1,15-0,015*f |

Er is nog geen ontwerp van de woningen bekend. Op basis van de beschikbare gegevens is onduidelijk wat de exacte hoogte van de gebouwen is.

Op basis van de Ontwikkelvisie WA-Hoeve Den Dolder 15 maart 2019 zijn in het ZOV zijn 142 woningen geprojecteerd in het ZOV, 33 appartementen, 24 rug aan rug woningen, 74 rijwoningen, 6 twee-onder-een-kapwoningen en 5 vrijstaande woningen/vrije kavels. De 24 rug aan rug woningen, 74 rijwoningen, 6 twee-onder-een-kapwoningen en 5 vrijstaande woningen/vrije kavels zijn maximaal twee bouwlagen hoog. De 33 appartementen zijn in een appartementsgebouw geprojecteerd. Van het appartements-gebouw is niet vastgelegd in de ontwikkelvisie uit hoeveel bouwlagen deze bestaat. Als worst case benadering worden alle woningen als laagbouw (<12 m) gekarakteriseerd. Woningen (>20 m) zijn minder gevoelig voor trillingen. We gaan uit van de aanname dat de woningen op palen zijn gefundeerd en een maatgevende vloeroverspanningen van circa 10 m hebben.

De eigenfrequentie $f_e$ van een massief betonnen vloer met overspanning L bedraagt:

$f_e=130/L$

De vergrotingsfactor $H_{vf}$ van een vloerveld bedraagt:

$$H_{vf} = 0{,}4 + \sqrt{\frac{f_e}{76 \times \vartheta}}$$

ζ bedraagt 0,047 voor betonvloeren

**Geometrische uitbreiding**
Op grotere afstand van het spoor nemen de trillingen in het maaiveld af. De afname kan op basis van de empirische formule van Barkan voor trillingen in het verre veld van een homogene isotrope halfruimte worden bepaald. Voor de overdracht van trillingen door de bodem wordt gebruikgemaakt van de formule van Barkan[Vibration of soils and foundations Richart, Hall en Woods Prentice Hall 1970].

$$V_R = V_{R0} * \left[\frac{R_0}{R}\right]^n e^{-\alpha(R-R_0)}$$

Waarin:

$V_R$ trillingssterkte (m/s) op een afstand R van de bron;

$V_{R0}$ trillingssterkte (m/s) op een afstand $R_0$ van de bron;

R afstand tussen immissiepunt en de bron;

$R_0$ afstand tussen meetpunt en de bron;

$\alpha$ materiaaldemping in de bodem (1/m);

n n = 1 tot 2 voor P- en S-golven;

n = 0.5 voor R-golven.

De geometrische demping is afhankelijk van het type golf en de richting vanuit de bron waarin de trillingsuitbreiding plaatsvindt. Voor de R (Rayleigh)-golven of oppervlaktegolven (n = 0.5) is de geometrische demping kleiner dan voor de P-(pressure) golven of compressiegolven en de S-(shear) golven of schuifgolven.

Dit geeft voor de Rayleigh-golven op grotere afstand van de bron ten opzichte van de P- en S-golf de grootste energie (>67%). De materiaal demping $\alpha$ is op basis van een worst case aanname 0,00 [--] gekozen.

## Schatting effecten in woningen

De metingen zijn op een punt aan de zuidzijde van het ZOV verricht. De onderstaande beschouwing is gebaseerd op de grootste (310) en kleinste (90) meter afstand tot het spoor. De mate van afname wordt bepaald door de formule van Barkan.

In tabel 8 en 9 is op basis van de maaiveldmetingen een beschouwing gegeven van de maximaal te verwachten trillingssterkte $V_{max}$ in de vloervelden van de woningen.

*Tabel 8: schatting trillingen woningen zuidzijde ZOV (90 m afstand tot spoor)*

| | Hoogste meetwaarde Maaiveld | excitatie frequentie | overdracht fundering | Schatting Vmax fundering | Over spanning | eigen frequentie | overdracht vloer | Schatting Vmax vloeren | Afronding | Streef waarde A1 | Streef waarde A2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vmax | fe | Hxf | Vmax | L | Fn | Hvl | Vmax | Vmax | woningen | woningen |
| Zuidzijde ZOV horizontaal | 0,4 | 40-70 | 0,55 | 0,22 | -- | -- | -- | 0,22 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |
| Zuidzijde ZOV vertikaal | 0,15 | 40-70 | 0,385 | 0,06 | 10 | 13 | 2,3 | 0,13 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |

*Tabel 9: schatting trillingen woningen noordzijde ZOV (310 m afstand tot spoor)*

| | Hoogste meetwaarde Maaiveld | excitatie frequentie | overdracht fundering | Schatting Vmax fundering | Over spanning | eigen frequentie | overdracht vloer | Schatting Vmax vloeren | Afronding | Streef waarde A1 | Streef waarde A2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vmax | fe | Hxf | Vmax | L | fn | Hvl | Vmax | Vmax | woningen | woningen |
| Noordzijde ZOV horizontaal | 0,4 | 40-70 | 0,55 | 0,12 | -- | -- | -- | 0,12 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Noordzijde ZOV vertikaal | 0,15 | 40-70 | 0,385 | 0,03 | 10 | 13 | 2,3 | 0,07 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |

*Maximale trillingssterkte*

De verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{max}$ bedraagt 0,22 in de woningen aan de zuidzijde van het ZOV op 90 m afstand van het spoor ten gevolge van de passages van de treinen.

Na afronding op een decimaal bedraagt de maximale trillingssterkte $V_{max}$ (0,2) in de woningen aan de zuidzijde van het ZOV op 90 m afstand. Hiermee wordt voldaan aan de streefwaarden A2 voor de nachtperiode (0,2). In de dag- en avondperiode wordt met een factor 2 voldaan aan de streefwaarde A1 voor de avond- en nachtperiode (0,4).

De verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{max}$ bedraagt 0,12 in de woningen aan de noordzijde van het ZOV op 310 m afstand van het spoor ten gevolge van de passages van de treinen.

Na afronding op een decimaal bedraagt de maximale trillingssterkte $V_{max}$ (0,1) in de woningen aan de noordzijde van het ZOV op 310 m afstand. Hiermee wordt met een factor 2 voldaan aan de streefwaarden A2 voor de nachtperiode (0,2). In de dag- en avondperiode wordt met een factor 4 voldaan aan de streefwaarde A1 voor de avond- en nachtperiode (0,4).

*Gemiddelde trillingssterkte*
Op basis van de prognose van de maximale trillingssterkte $V_{max}$ < 0,2 is de verwachting bij de toekomstige treinintensiteiten in 2030 dat de gemiddelde trillingssterkte $V_{per}$ < 0,05 in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen in het ZOV en daarmee voldoet aan de streefwaarden voor woonfunctie (A3=0,05).

Op basis van de verwachting op basis van de meetwaarden en de hinderclassificatie uit bijlage 5 van de SBR B richtlijn is er voor de objecten sprake van hinderclassificatie weinig hinder.

*Tabel 5: Hinderclassificatie*

| **$V_{max}$** | **Hinderkwalificatie** |
|---|---|
| < 0,1 | geen hinder |
| 0,1- 0,2 | weinig hinder |
| 0,2 – 0,8 | matige hinder |
| 0,8 – 3,2 | Hinder |
| > 3,2 | ernstige hinder |

Er zijn aannames met betrekking tot fundering (palen), vloertypes (massieve betonvloer) en overspanningen (tot 10 m) in de woningen gedaan. Hiermee is met de bovenstaande beschouwing aangetoond dat er een bouwkundige invulling van het ZOV mogelijk is waarbij voldaan wordt aan de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn. Hiermee is echter niet gezegd dat elke bouwkundige invulling voldoet aan de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn.

De Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen (https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/18/handreiking-nieuwbouw-en-spoortrillingen). geeft aan hoe je ruimtelijk kunt omgaan met het aspect trillingen en verwijst naar de normstelling uit de SBR B richtlijn. T.a.v. de planregels staat in paragraaf 5.4.2 van de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen

*Het toepassen van specifieke bouwregels bij het bestemmingsplan biedt verschillende mogelijkheden om te borgen dat trillingshinder wordt beperkt. Zo kan in de bouwregels van de bestemming wonen worden opgenomen dat er een minimale afstand moet zijn tussen het spoor en de te bouwen woningen. Ook kan er een voorwaardelijke verplichting worden opgenomen bij de bestemming wonen. Dit betekent dat de woningen alleen mogen worden gebouwd wanneer een bepaald trillingsniveau niet wordt overschreden, al dan niet na het nemen van trillingsreducerende maatregelen.*

Het is zinvol zijn om de streefwaarden uit de SBR B richtlijn als eis te formuleren in de planregels, zodat als de gebouwontwerpen anders worden dan de voorliggende beschouwde invulling met aannames, er rekening gehouden moet worden met de normstelling voor het aspect trillingen.

## Conclusie

Op basis van een beschouwing van maaiveldmetingen voor het aspect trillingen voor het het plan Herontwikkeling Willem Arntz Hoeve Den Dolder Zuidelijk ontwikkelveld (ZOV) worden de volgende conclusies geformuleerd:

- De verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{max}$ bedraagt 0,22 in de woningen aan de zuidzijde van het ZOV op 90 m afstand van het spoor ten gevolge van de passages van de treinen. Na afronding op een decimaal bedraagt de maximale trillingssterkte $V_{max}$ (0,2) in de woningen aan de zuidzijde van het ZOV op 90 m afstand. Hiermee wordt voldaan aan de streefwaarden A2 voor de nachtperiode (0,2). In de dag- en avondperiode wordt met een factor 2 voldaan aan de streefwaarde A1 voor de avond- en nachtperiode (0,4);
- De verwachting van de maximale trillingssterkte $V_{max}$ bedraagt 0,12 in de woningen aan de noordzijde van het ZOV op 310 m afstand van het spoor ten gevolge van de passages van de treinen. Na afronding op een decimaal bedraagt de maximale trillingssterkte $V_{max}$ (0,1) in de woningen aan de noordzijde van het ZOV op 310 m afstand. Hiermee wordt met een factor 2 voldaan aan de streefwaarden A2 voor de nachtperiode (0,2). In de dag- en avondperiode wordt met een factor 4 voldaan aan de streefwaarde A1 voor de avond- en nachtperiode (0,4);
- Op basis van de prognose van de maximale trillingssterkte $V_{max} < 0,2$ is de verwachting bij de toekomstige treinintensiteiten in 2030 dat de gemiddelde trillingssterkte $V_{per} < 0,05$ in dag-, avond- en nachtperiode in de woningen in het ZOV en daarmee voldoet aan de streefwaarden voor woonfunctie (A3=0,05);
- De verwachting van de trillingssterkte voldoet in het gehele plangebied van het ZOV aan de streefwaarden uit de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn. Op basis van de verwachting op basis van de meetwaarden en de hinderclassificatie uit bijlage 5 van de SBR B richtlijn is er voor alle woningen sprake van hinderclassificatie weinig hinder;
- Er zijn aannames met betrekking tot fundering (palen), vloertypes (massieve betonvloer) en overspanningen (tot 10 m) in de woningen gedaan. Hiermee is met de bovenstaande beschouwing aangetoond dat er een bouwkundige invulling van het ZOV mogelijk is waarbij voldaan wordt aan de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn. Hiermee is echter niet gezegd dat elke bouwkundige invulling voldoet aan de beoordelingssystematiek van de SBR B richtlijn;
- Geadviseerd wordt om de streefwaarden uit de SBR B richtlijn als eis te formuleren in de planregels, zodat als de gebouwontwerpen anders worden dan de voorliggende beschouwde invulling met aannames, er in het ontwerp rekening gehouden moet worden met de normstelling voor het aspect trillingen.