



Risico- en kansenanalyse Spoortrillingen herinrichting De Scheg te Heerhugowaard

Versie 2.0

Omgevingsmonitoring



EQUIPE | ADVISEURS
by b k



De uitkomst van uw rapport

Projectnummer: 223960
Locatie: De Scheg te
Heerhugowaard

26 mei 2023

De uitkomsten

De mate van hinder door spoortrillingen voor de bewoners van geplande twee oostelijke woongebouwen voldoet niet aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B.

Vervolg

Het bepalen van het ontwerp specifieke gebouwrespons door middel van een tweedimensionaal eindige elementen model, wijzigen van de locatiekeuze of het treffen van overdrachtsmaatregelen.

Michel Gerritsen

Daltonstraat 30D
3316 GD Dordrecht
06-17411578
Michel.Gerritsen@equipe-adviseurs.nl
www.equipe-adviseurs.nl

Controleur: ing. D.C. (Niels) Blokland

Inhoudsopgave

pagina

1.	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Gegevens	4
2.	Uitgangspunten	5
2.1	Huidige situatie	5
2.2	Herinrichting	5
2.3	Voelbaarheid van (spoor)trillingen	6
3.	Eisen, normering en randvoorwaarden	7
3.1	SBR richtlijn A, Schade aan bouwwerken	7
3.1.1	Maximale toetswaarden en correctiefactoren	7
3.2	SBR richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen	8
4.	Quick scan trillingshinder	10
4.1	Klachten over spoortrillingen	10
4.2	Bodemopbouw	10
4.3	Ligging waterpartijen	10
4.4	Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen	10
4.5	Verkeersgegevens spoorwegen	11
4.6	Locatie- en type bebouwing	11
4.7	Toekomstige wijzigingen spoor	11
4.8	Vaststelling aandachtszone	12
5.	Trillingsonderzoek	13
5.1	Uitvoering metingen	13
5.2	Vergelijking meetwaarden	13
5.3	Dominante frequentie en frequentie-inhoud	14
5.4	Correctiefactoren	15
5.4.1	SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken	15
5.4.2	SBR-richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen	15
5.5	Beoordeling meetwaarden	16
5.6	Beoordeling kans op schade, SBR-A	16
5.7	Beoordeling mate van hinder voor personen in gebouwen, SBR-B	16
5.8	Maatregelen	17
6.	Conclusie	18

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Sweco Nederland B.V. is door Equipe Adviseurs een prognose opgesteld van de te verwachten trillingsbelasting binnen projectgebied 'De Scheg in Heerhugowaard'.

Doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de risico's en eventuele kans op hinder en gevolgschade van spoortrillingen.

Het onderzoek wordt uitgevoerd in verband met een voorgenomen wijziging van het bestemmingsplan. Voor het projectgebied is de realisatie van maximaal 350 appartementen, verdeeld over drie woongebouwen met een maximale bouwhoogte van 18 meter voorzien. De drie woongebouwen liggen geheel op minder dan 100 meter afstand tot aan de meest nabijgelegen spoorstaaf, zodat het aspect trillingshinder dient te worden onderzocht.

1.2 Gegevens

Ten behoeve van het onderzoek is gebruikgemaakt van de navolgende gegevens:

1. door de opdrachtgevers aangeleverde gegevens;
2. conceptverbeelding bestemmingsplan "De Scheg, Heerhugowaard" ontwerp, van datum 27 juli 2022, getekend door Digireg Netherlands B.V.
3. Bouwbesluit 2012;
4. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen, ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, opgesteld door Witteveen+Bos Raadgevend ingenieurs B.V. referentie 111016/19-007.368 van mei 2019;
5. SBR richtlijn deel A: Schade aan gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, november 2017;
6. SBR richtlijn deel B: Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002.

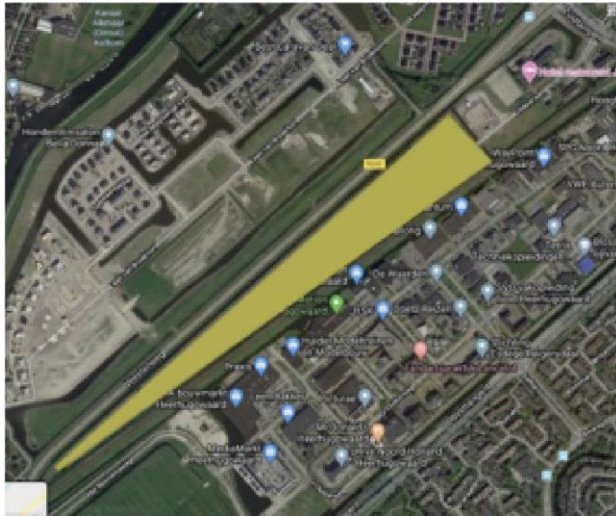
2. Uitgangspunten

2.1 Huidige situatie

De projectlocatie 'De Scheg' betreft een wigvormig gebied te Heerhugowaard, gelegen tussen de Westerweg (N342) en de spoorlijn Heerhugowaard – Alkmaar. Aan de zuidwestelijke zijde van het gebied, loopt de spoorbaan over de Westerweg en het Kanaal Alkmaar-Kolhom. Aan de noordoostzijde is het gebied toegankelijk via de Gildestraat. Aan deze zijde zijn aan weerszijden van de Gildestraat enkele bedrijfspanden aanwezig. Momenteel is het projectlocatie deels braakliggend en deels in gebruik als agrarisch gebied.

In figuur 1 en 2 is de locatie weergegeven waarop voorliggend onderzoek betrekking heeft.

figuur 1: overzicht De Scheg (gele arcering)



2.2 Herinrichting

Op basis van de concept verbeelding bestemmingsplan "De Scheg, Heerhugowaard" (ontwerp) wordt het gebied opnieuw ingericht. Hierbij zijn drie woongebouwen met een maximale bouwhoogte van 18 meter voorzien. Deze gebouwen komen hierbij vanaf circa 39 meter afstand tot het spoor te liggen.

figuur 2: overzicht De Scheg (toekomstige situatie, concept verbeelding)



2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen

De voelbaarheid van trillingen is ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex belang. Deze locaties zijn gevoelig voor trillingen omdat mensen hier voor een langere periode kunnen verblijven.

Een trilling van een passerend voertuig op de weg of spoorbaan plant zich voort via de bodem naar een bouwwerk of woning. Als de trilling sterk genoeg is dan kan een bouwwerk in trilling worden gebracht. Voor bewoners kunnen deze trillingen voelbaar zijn doordat de draagconstructie/fundering van een pand de trillingen doorgeeft aan de vloer van de woning die hierdoor meetrilt. Deze trillingen kunnen een gevoel van angst of ongemak veroorzaken. Ook kunnen trillingen slaapproblemen veroorzaken. In de buitenruimte is dit minder van belang. Hinder wordt om deze reden over het algemeen bepaald voor binnenruimtes.

De mate van hinder door spoortrillingen is afhankelijk van meerdere factoren, onder andere:

- De eigenschappen van het trillingssignaal (frequentie en sterkte), per treintype verschillend.
- Het aantal trillingen ofwel het aantal treinpassages.
- Het tijdstip waarop de trillingen voorkomen.
- De richting waarop de trillingen optreden (horizontaal/verticaal).

Daarnaast zijn de eigenschappen van een gebouw van belang en de ligging van het spoor ten opzichte van het gebouw. Ook kunnen het ontwerp en de kwaliteit van het spoor en het hierop rijdende materieel van invloed zijn op de trillingsbelasting op een gebouw, de bodemopbouw tussen de bron en ontvanger en het type fundering en gebouwconstructie.

De trillingssterkte wordt uitgedrukt in de zogenoemde maximale effectieve trillingssnelheid $V_{\max, \text{eff}}$. In onderstaand overzicht wordt de kwalificatie van de hinder bij bepaalde trillingssterkten aangegeven.

tabel 1: hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer volgens SBR-B bijlage 5

Hinderkwalificatie	Sterkte $V_{\max, \text{eff}}$
geen hinder	$< 0,1$
gevoelsgrens	$= 0,1$
weinig hinder (bestaande situaties)	$0,1 - 0,2$
matige hinder	$0,2 - 0,8$
hinder	$0,8 - 3,2$
ernstige hinder	$> 3,2$

3. Eisen, normering en randvoorwaarden

3.1 SBR richtlijn A, Schade aan bouwwerken

Naast hinder kunnen trillingen ook schade veroorzaken aan een bouwwerk of woning. Veel bouwwerken zijn niet expliciet ontworpen om trillingen op te nemen, waardoor er een kans op schade bestaat, een en ander afhankelijk van aard en constructiewijze van het bouwwerk en de aard, de sterkte en de frequentie van de trillingen. Daar verificatie van de belasting op gebouwen door trillingen in relatie met het incasseringsvermogen van bouwwerken in bepaalde gevallen wenselijk is, is in 1993 door de Stichting Bouwresearch (SBR) een richtlijn (nummer 1) opgesteld voor het meten en beoordelen van schade aan bouwwerken door trillingen. In augustus 2002 is de SBR-richtlijn 1 vervangen door de SBR-richtlijn A: 'Schade aan Gebouwen'.

De meet- en beoordelingsrichtlijn A, 'Schade aan bouwwerken' bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van schade aan gebouwen en bouwwerken. De richtlijn maakt onderscheid in de constructiewijze en de staat van het bouwwerk. Hierbij wordt de volgende verdeling van bouwwerken aangehouden:

Categorie 1:

In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Onderdelen van een bouwwerk, die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout. Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk, zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.

Categorie 2:

In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk. In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw, die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, die bestaan uit niet gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Monumenten:

Voor gebouwen/bouwwerken met een monumentenstatus of indien het metselwerk in slechte conditie verkeert, geldt een veiligheidsfactor. Hiermee wordt een dergelijk gebouw of bouwwerk extra beschermd tegen trillingen. Voor de toetsingswaarden is verder het type meting en het type trillingsbron van belang.

Funderingen:

Onderscheid wordt tevens gemaakt tussen trillingsgevoelige funderingen (met een kans op zetting) en niet trillingsgevoelige funderingen. Dit onderscheid is afhankelijk van het type fundering en de eigenschappen van het bodemmateriaal. Voor trillingsgevoelige funderingen is een aparte beoordeling van de trillingen nodig.

3.1.1 Maximale toetswaarden en correctiefactoren

De normering, voor het beoordelen of trillingen schade tot gevolg kunnen hebben ter plaatse van de geplande nieuwbouw, ligt een stuk hoger dan de normering voor het beoordelen van hinder. Gezien de situatie heeft de normering, opgenomen in het voorliggende hoofdstuk waarschijnlijk alleen betrekking op incidenteel voorkomende trillingen. De beoordeling van hinder voor personen in gebouwen is leidend voor het beoordelen van de trillingsbelasting ter plaatse van de toekomstige nieuwbouw.

Voor de beoordeling van de kans op schade door trillingen veroorzaakt door treinpassages wordt uitgegaan van 'herhaald kortdurende trillingen'. De nieuwbouw panden voldoen aan de omschrijving voor gebouwcategorie 1 uit de SBR richtlijn -A.

De toetswaarden worden gecorrigeerd met een veiligheidsfactor (Y_t) voor het type trillingen. Op basis van de trillingsbron betreffen de trillingen 'herhaald kortdurende trillingen' waarvoor een veiligheidsfactor geldt van 1,5.

Op basis van de hierboven beschreven veiligheidsfactor worden de in tabel 3 opgenomen toetswaarden gehanteerd bij de beoordeling van de trillingsbelasting bij het bepalen van de kans op schade door spoortrillingen.

Wanneer de trillingsbelasting daadwerkelijk wordt gemeten dient rekening te worden gehouden met een correctiefactor voor het type meting wat wordt verricht.

tabel 2: grenswaarden en gecorrigeerde grenswaarden per frequentie

f (Hz)	cat.1 (niet gecorrigeerd)	cat.1 (na correctie)
0	20	13,3
5	20	13,3
10	20	13,3
15	22,5	15,0
20	25	16,7
25	27,5	18,3
30	30	20,0
35	32,5	21,7
40	35	23,3
45	37,5	25,0
50	40	26,7
55	41	27,3
60	42	28,0
65	43	28,7
70	44	29,3
75	45	30,0
80	46	30,7
85	47	31,3
90	48	32,0
95	49	32,7
100	50	33,3

3.2 SBR richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen

De meet- en beoordelingsrichtlijn B, "Hinder voor personen in gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van hinder voor personen. De richtlijn maakt onderscheid in de functie van het gebouw, aard van de trillingsbron en in bestaande, gewijzigde en nieuwe situaties.

In de richtlijn vindt de beoordeling plaats door middel van A1, A2 en A3 :

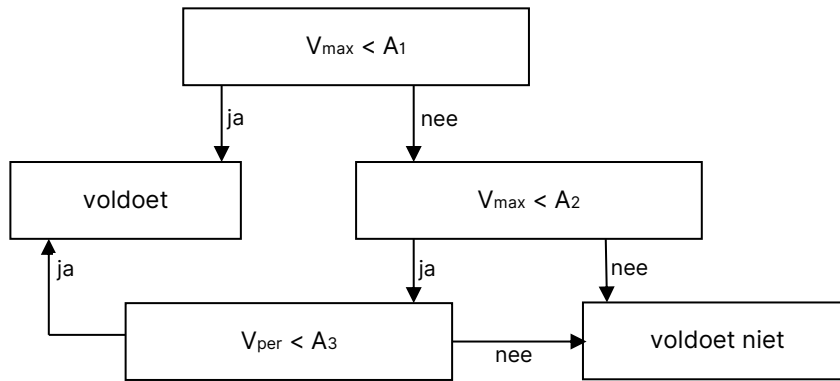
- A1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

Voor de hoogte van de streefwaarden geldt in algemene zin dat $A_3 < A_1 \leq A_2$.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden indien:

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

De procedure voor de beoordeling van $V_{\max}$ en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



In de richtlijn zijn de streefwaarden onder andere gebaseerd op de functie van het gebouw waar de trillingen beoordeeld moeten worden en de aard van de trillingsbron. In de voorliggende situatie worden de optredende trillingen beschouwd als herhaald voorkomende trillingen gedurende een langere periode (>3 maanden) in een nieuwe situatie (nieuwbouw wonen).

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in drie beoordelingsperioden, te weten:

- dagperiode van 07:00 tot 19:00 uur (12 uur of 43.200 seconden);
- avondperiode van 19:00 tot 23:00 uur (4 uur of 14.400 seconden);
- nachtperiode van 23:00 tot 07:00 uur (8 uur of 28.800 seconden).

In tabel 3 zijn de streefwaarden opgenomen die gelden voor de beoordeling van trillingen ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementengebouwen.

tabel 3: overzicht streefwaarden hinder, herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situatie

Gebouwfunctie	Dag- en avondperiode			Nachtperiode		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Uit de praktijk blijkt dat wanneer spoortrillingen optreden sprake is van een zekere mate van 'geaccepteerd' hinder. Hierdoor kan, op basis van de SBR richtlijn-B, bij de beoordeling van de trillingsbelasting worden gekozen voor hogere streefwaarden. In deze prognose wordt echter de normering gehanteerd uit tabel 2.

4. Quick scan trillingshinder

Om de mate van hinder en kans op schade als gevolg van spoortrillingen ter plaatse van de geplande nieuwbouw te bepalen dient allereerst het aandachtszone te worden vastgesteld.

4.1 Klachten over spoortrillingen

In de huidige situatie is sprake van drie appartementengebouwen grotendeels binnen 100 meter vanaf de spoorlijn in de omgeving van het plangebied. Bij Gemeente Heerhugowaard zijn geen gegevens bekend over klachten van hinder door spoortrillingen.

4.2 Bodemopbouw

Op basis van de regionale bodemopbouw bestaan de bovenste bodemlagen uit een afwisseling van klei zand en veen.

De regionale bodemopbouw is in onderstaande tabel opgenomen. De informatie is afkomstig van Grondwaterkaart van Nederland opgesteld door de Dienst Grondwaterverkenning TNO) en het Hydrogeologisch Model REGIS II van TNO-NITG.

tabel 4: regionale bodemopbouw

Diepte (m-mv)	Geohydrologische eenheid	Geologische formatie	Lithologie
0,0 – 22	Deklaag	Holocene afzettingen, complexe eenheid	Afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand
22,1 – 25,1	Watervoerend Pakket	Formatie van Kreftenheye	Midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen
25,1 – 30,3	Watervoerend Pakket	Formatie van Kreftenheye	midden en grof zand, met weinig zandige klei, fijn zand en grind en een spoor klei en veen

Op basis van een boorprofiel in de nabijheid van de projectlocatie bestaat de bovengrond tot circa 2 m -mv uit klei met hieronder fijn zand, tot 15 m -mv

Op basis van de bodemopbouw is er geen aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone.

4.3 Ligging waterpartijen

Het plangebied wordt grotendeels omgeven door watergangen. Aan de zuidzijde, tussen het plangebied en de spoorbaan bevindt zich over de gehele lengte een watergang. Deze watergang heeft een breedte van circa 3 – 4 meter en een onbekende diepte.

Gezien de ligging van het watergang ten opzichte van het plangebied en de spoorlijn heeft deze waterpartij een dempende invloed op de trillingsbelasting ter plaatse van de geplande nieuwbouw.

4.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen

Aan de zuidwestzijde van het plangebied is sprake van twee kunstwerken, waarmee de spoorlijn over het de Westergeweg en het Kanaal Alkmaar-Kolhom geleid wordt. De viaduct en de brug betreffen overgangsconstructies. Bij overgangsconstructies is er sprake van een variatie in stijfheid van de spoorbaan. De overgangsconstructie zijn voorzien van een paalfundering. Deze fundering staat op een stijve, dieper gelegen bodemlaag (zand). Deze bodemlaag kan trillingen doorgeven aan de paalfundering van het nieuw te bouwen appartementengebouwen. Gezien de grote afstand van circa 750 meter tussen de kunstwerken en de geplande bebouwing zullen deze geen invloed hebben op de trillingsniveaus ter plaatse van de geplande bebouwing.

Ter hoogte van de twee noordoostelijke woongebouwen bevinden zich in de spoorbaan twee wissels. Bij wissels is er een onderbreking van de spoorstaaf. Dit resulteert in een variatie in dynamische belasting op de spoorbaan wat trillingen tot gevolg heeft en afhankelijk van de onderhoudskwaliteit tot verhoging van trillingsniveaus in de omgeving kan leiden.

Zogenoemde ES-lasses zijn niet beschouwd. Wanneer de ES-lassen in een goede conditie verkeren veroorzaken deze geen extra trillingen. Omdat de aanwezige wissels waarschijnlijk de meeste trillingen veroorzaken zijn eventueel aanwezige ES-lassen buiten beschouwing gelaten.

4.5 Verkeersgegevens spoorwegen

Langs het herinrichtingsplan ligt een treinspoor, traject Heerhugowaard – Almeer, zuidelijk ten opzichte van het plangebied. De spoorlijnen liggen op een verhoging (grondwal) en verhoogd boven het maaiveld. Het spoortraject is een matig druk bereden traject waarover voornamelijk personenvervoer.

In tabel 5 is een overzicht opgenomen van het aantal treinen dat het traject Heerhugowaard – Almeer passeert en is aangegeven welk type treinverkeer hier passeert.

tabel 5: overzicht treinverkeer in aantallen en type treinen

Datum	Dag	Spoorvervoer	Reizigersvervoer		Overig vervoer	
		totaal	IC	Spinter	Goederen	Overige
26-9-2022	ma	154	82	65	0	7
27-9-2022	di	156	80	67	0	9
28-9-2022	wo	154	83	65	0	6
29-9-2022	do	161	84	67	0	10
30-9-2022	vr	155	77	67	0	11
1-10-2022	za	90	40	39	0	11
2-10-2022	zo	132	66	62	0	4
3-10-2022	ma	155	84	65	0	6
4-10-2022	di	150	81	65	0	4

De gegevens uit tabel 5 zijn opgevraagd bij ProRail, afdeling publieksvoorlichting. Uit het overzicht blijkt dat voornamelijk personenvervoer plaatsvindt op het traject. Het overig vervoer heeft met name bestaan uit leeg materieel en onderhoudsmaterieel.

Over het traject heeft gedurende de monitoring geen goederenvervoer plaats gevonden. Goederentreinen zijn over het algemeen zwaarder en leiden over het algemeen tot hogere trillingsniveaus.

Op 1 oktober vond minder reizigersvervoer plaats over het traject, in verband met werkzaamheden. Aangezien het spoorvervoer op de overige dagen wel representatief was en de hoge trillingsniveaus voornamelijk worden veroorzaakt door het overige vervoer, heeft het verminderde reizigersvervoer nagenoeg geen invloed op de representativiteit van de trillingsmetingen.

4.6 Locatie- en type bebouwing

Het appartementengebouwen bevindt zich vanaf 39 meter tot aan de eerste spoorstaaf. De panden worden voorzien van een betonnen draagconstructie op palen. De panden staan met de lange zijde parallel aan het spoor. Hierdoor bevinden de dragende muren zich haaks op het spoor.

Het pand staat met de stijve zijde naar het spoor wat gunstig is voor het opvangen van trillingen op de constructie. Sprake is van een stijve constructie, die niet/minder gevoelig zijn voor trillingen.

4.7 Toekomstige wijzigingen spoor

De website van ProRail (<https://www.prorail.nl/projecten>) is geraadpleegd om de te verwachte wijzigingen aan het spoor of van het type en aantal treinen dat passeert vast te stellen.

Medio 2023 wordt gestart met de realisatie van de aanpassingen op het tracé tussen Alkmaar/Heerhugowaard en Amsterdam. Tevens is ten noordoosten van Heerhugowaard op het bedrijventerrein de Vaandel een opstel terrein voor treinstellen gepland. Deze aanpassingen zijn onderdeel van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS). De geplande wijzigingen aan het spoor zijn in het ontwerp-tracébesluit van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) Alkmaar – Amsterdam op 3 maart 2021 gepubliceerd.

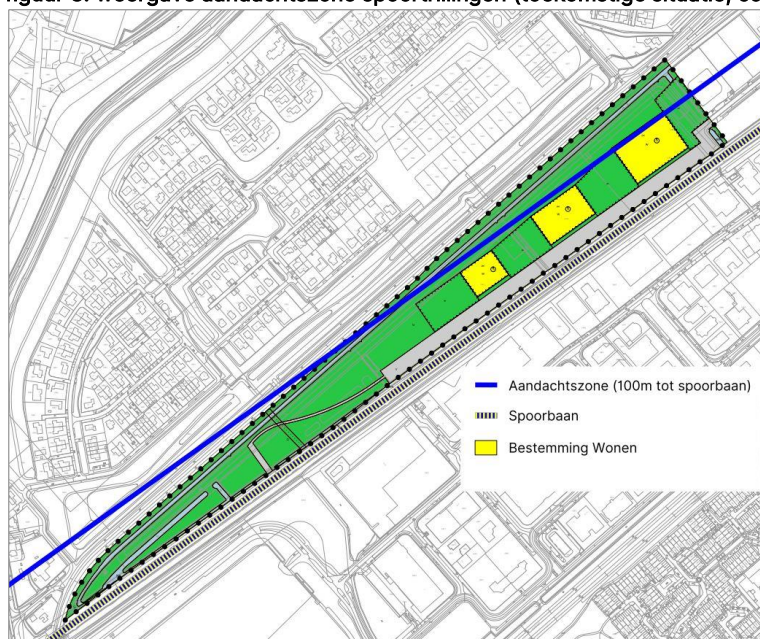
In 'bijlage 03 deelrapport trillingen bij het tracébesluit' is de invloed van de geplande aanpassing op de trillingssterkte berekend. In dit deelrapport trillingen wordt de trillingssterkte in de bestaande situatie, met de inzet van de vaak maatgevende SGM-sprinters, vergeleken met de trillingssterkte in de plan situatie, met de inzet van SNG- en SLT-materieel in plaats van SGM-materieel.

Ten tijde van de onderhavige trillingsmetingen, in de periode van 26 september tot en met 4 oktober 2022, werden de SGM-sprinters niet meer ingezet en is een eventuele correctie voor de afname van de trillingssterkte V_{max} in deze prognose niet van toepassing. Geconcludeerd wordt dat het ontwerp-tracébesluit geen significante invloed heeft op de trillingssterkte V_{max} zoals bepaald in de onderhavige prognose.

4.8 Vaststelling aandachtszone

Op basis van de hierboven beschreven informatie is er geen aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone tot verder dan 100 meter vanaf de spoorbaan. De aanwezigheid van wissels in het spoor zullen voor een verhoging en de watergang tussen het plangebied en het spoor een verlaging van de verwachte trillingssterkte zorgen. In figuur 3 is de aandachtszone in blauw weergegeven op een overzicht van de toekomstige situatie.

figuur 3: weergave aandachtszone spoortrillingen (toekomstige situatie, concept verbeelding)



Uit de quick scan trillingshinder volgt dat de kans op het optreden van trillingshinder aanwezig is en dient er aanvullend trillingsonderzoek te worden uitgevoerd.

5. Trillingsonderzoek

5.1 Uitvoering metingen

In een aaneengesloten periode van 26 september tot en met 4 oktober 2022 hebben trillingsmetingen plaatsgevonden op de projectlocatie. De metingen zijn uitgevoerd met twee VIBRA+ meetsystemen van Profound en één Swarm V2.2 meetsysteem van Omidots. In tabel 6 is het meetbereik van dit type trillingsmeters weergegeven.

tabel 6: meetsystemen

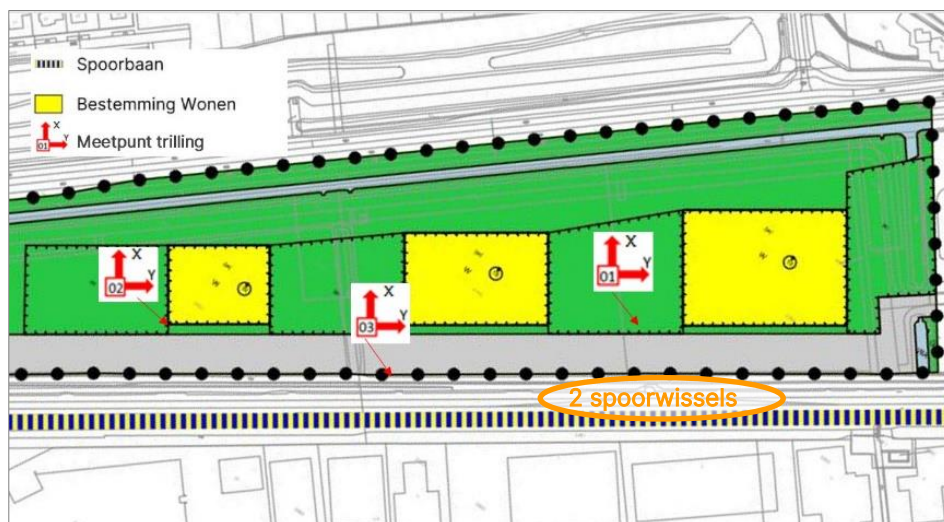
Meetsystemen:	Frequentiebereik (Hz)	Meetbereik (mm/s)	SBR- A*	SBR- B*
Profound - Vibra+	0,8-100	0-100	Voldoet	Voldoet
Omidots - Swarm V2.2	0,5-250	0,0005-50	Voldoet	Voldoet

* De meetapparatuur voldoet aan de eisen uit hoofdstuk 7 en bijlage 1 van SBR-A respectievelijk en bijlage 1 van SBR-B

De trillingen zijn op maaiveldniveau gemeten (bodemtrillingen). De trillingsmeters zijn geïnstalleerd op een betonnen element en onder maaiveld ingegraven. Meetpunt MP01 en MP02 zijn op 39 meter tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf geplaatst, waarbij MP01 ter hoogte van de twee wissels in het spoor is opgesteld. De fundering van de toekomstige bebouwing ligt eveneens vanaf 39 meter tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf. Meetpunt MP03 bevindt zich als referentie op korte afstand tot het spoor. Door het verschil in afstand kunnen trillingen van stoorbronnen en spoorverkeer beter onderling worden onderscheiden.

In figuur 4 zijn de meetlocaties weergegeven op een overzicht van de toekomstige situatie.

figuur 4: overzicht meetlocaties (toekomstige situatie, na herinrichting)



5.2 Vergelijking meetwaarden

Het resultaat van de metingen is conform de SBR richtlijn deel A de trillingssnelheden V_{top} (mm/s) en conform SBR richtlijn B de opgetreden $V_{eff,max}$ waarden per 30 seconde intervallen. De verkregen meetwaarden van de drie meetlocaties zijn met elkaar vergeleken.

Uit de vergelijking blijkt dat weinig trillingen door stoorbronnen zijn gemeten. Gedurende de nacht is het aantal trillingen ruim lager in vergelijking met de overige dagdelen. Tijdens twee nachten zijn de trillingsniveaus hoger dan tijdens de overige nachten en dagdelen.

De gemiddelde trillingsniveaus zijn in de meetpunt MP01 ruim hoger dan in meetpunt MP02. Deze hogere niveaus zijn mogelijk veroorzaakt door de aanwezige twee wissels in het spoor.

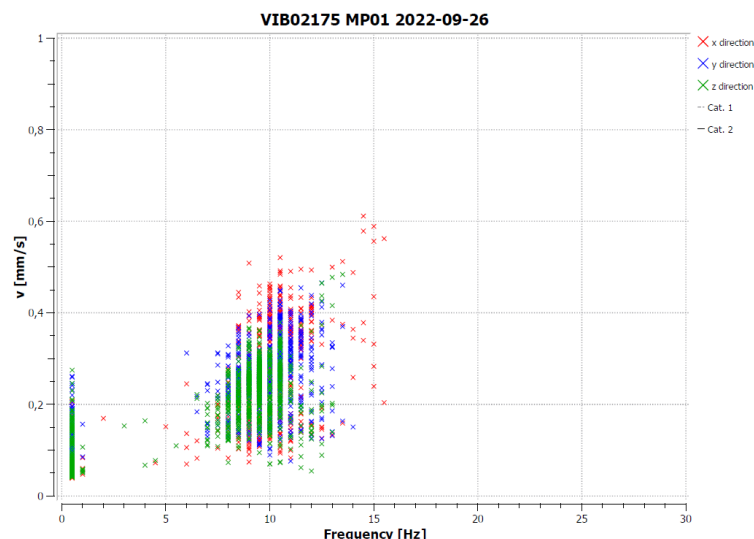
5.3 Dominante frequentie en frequentie-inhoud

Dominante frequentie van trillingen die worden veroorzaakt door langsrijdende treinen zijn afhankelijk van het type trein wat voorbij rijdt en de snelheid waarmee deze passages plaatsvinden.

Op basis van eerdere en de huidige metingen vinden de trillingen, veroorzaakt door personentreinen, plaats tussen 5-15 Hz, (zwaar) goederenvervoer kan trillingen veroorzaken met hogere frequenties.

In de onderstaande grafiek zijn de dominante frequenties van de gemeten trillingen ter plaatse van meetpunt MP01 weergegeven.

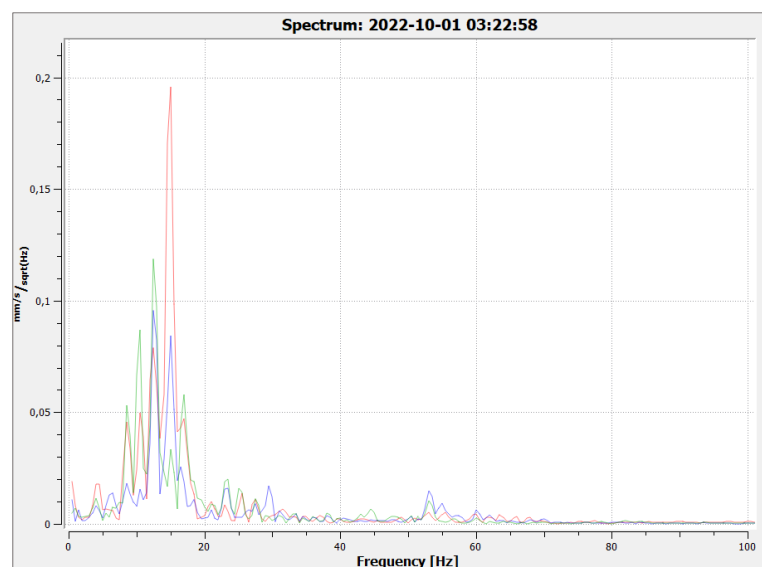
grafiek 1: meetpunt MP01, meetresultaten vtop uitgezet tegen de dominate frequentie.



Naast dominante frequentie is ook de frequentie-inhoud van het trillingssignaal van belang. De frequentie-inhoud maakt duidelijk uit welke frequenties een signaal is opgebouwd en wordt bepaald door op een tijdsignaal een Fourier transformatie toe te passen.

Van belang is om te weten hoe de signalen van de maatgevende treinpassage eruit zien, om bijvoorbeeld in het ontwerp van nieuwbouw opslinging te kunnen voorkomen maar ook de effectiviteit van bepaalde maatregelen te kunnen inschatten. In de onderstaande grafiek is de FFT- analyse van de maatgevende treinpassage weergegeven.

grafiek 2: frequentie-inhoud van het trillingssignaal op 01-10-2022 om 03:22 in meetpunt MP01.



5.4 Correctiefactoren

5.4.1 SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken

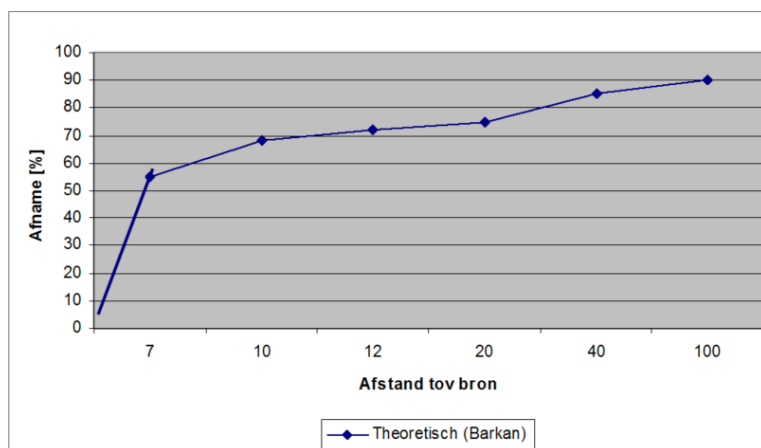
De toetsing aan de grenswaarden uit de SBR richtlijn A is worst-case uitgevoerd met de ongecorrigeerde meetwaarden van MP01 en MP02.

5.4.2 SBR-richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen

De toetsing aan de streefwaarde uit de SBR richtlijn B dient te worden uitgevoerd met de $V_{eff,max}$ -waarden die in de toekomstige bebouwing worden verwacht. Aangezien de metingen onder het maaiveld hebben plaatsgevonden dienen de gemeten waarden te worden gecorrigeerd.

De trillingssterkte neemt door bodemdemping en de afstand tussen de bron en ontvanger van trillingen af. Deze afname is te berekenen met de formule van Barkan. In grafiek 3 is de afname van de trillingssterkte weergegeven in procenten per meter afstand.

grafiek 3: weergave formule van Barkan



De toetsing dient te worden uitgevoerd op de plaatst binnen het bouwvlak waar de hoogste niveaus van spoortrillingen worden verwacht. Dit betreft het zuidelijke funderingen van de panden, op circa 39 meter afstand tot het spoor. Aangezien de meetpunten MP01 en MP02 op een gelijke afstand tot het spoor zijn geïnstalleerd, dienen de meetwaarden niet gecorrigeerd te worden voor afstand.

Bij de overdracht van de bodem naar de draagconstructie treedt doorgaans demping op. De grootte van de demping is voornamelijk afhankelijk van de mate van stijfheid van de fundering en de grootte van het gebouw ten opzichte van de grootte van de trillingsgolven. De gemeten $V_{eff,max}$ waarden op maaiveldniveau dienen hierop te worden gecorrigeerd met een dempingsfactor.

Bij de overdracht van de draagconstructie naar de vloeren treedt doorgaans enige versterking op door opslinging van de vloeren. Deze opslinging is onder andere afhankelijk van de overspanning van vloerdelen en de stijfheid van de constructie. De bepaalde $V_{eff,max}$ waarden op de draagconstructie dienen hierop veelal te worden gecorrigeerd met de versterkingsfactor.

De dempings- en vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen. Hierbij is gebruikgemaakt van vergelijkbare projecten, projecten van andere onderzoeksbureaus en is rekening gehouden met de resultaten van de 'quickscan trillingshinder' in hoofdstuk 4.

Voor de bepaling van $V_{eff,max}$ en V_{per} waarden die kunnen optreden in de geplande bebouwing is uitgegaan van de volgende waarde en factoren:

- correctiefactor afstand tot het spoor MP01, MP02: 1,0
- correctiefactor bodem naar fundering: 0,7
- correctiefactor fundering naar vloer: 1,3
- correctiefactor Programma Hoogfrequent Spoorvervoer voor V_{max} : 1,0

5.5 Beoordeling meetwaarden

De verkregen meetwaarden zijn beoordeeld, waarbij trillingen door stoorbronnen zijn geïdentificeerd en onderbouwd niet zijn meegenomen in de berekeningen.

De hoogste waarden voor de meetpunten MP01 en MP02 zijn beoordeeld. De beoordeling heeft plaatsgevonden over de periode van 15:30 uur op 26 september tot 12:00 op 4 oktober 2022. De meetduur van één week is in overeenstemming met de bepalingen uit de richtlijn SBR-richtlijn B hinder voor personen in gebouwen en de handreiking nieuwbouw en spoortrillingen.

tabel 7: beoordeling hoogste gecorrigeerde meetresultaten

Periode	Meet-punt	$V_{eff,max}$ (bodem)	$V_{eff,max}$ (gecorr)	Tijdstip, datum	Kenmerk	Conclusie
dagperiode	MP01	0,22	0,20	28-09-2022 07:22	komt overeen met treinpassage van sprinter, treinstel 4814, vanuit Heerhugowaard	waarschijnlijk spoortrillingen
avondperiode	MP01	0,26	0,24	26-09-2022 21:12	komt overeen met treinpassage van leeg materieel, treinstel 80066, vanuit Heerhugowaard	waarschijnlijk spoortrillingen
nachtperiode	MP01	0,31	0,28	01-10-2022 03:22	komt overeen met treinpassage van leeg materieel, treinstel 93297, vanuit Heerhugowaard	waarschijnlijk spoortrillingen

5.6 Beoordeling kans op schade, SBR-A

Op basis van toetsing van de meetresultaten aan de normering uit de SBR-A, gecorrigeerd voor meetstrategie type trillingen 'continu', voor gebouwcategorie 1 kan worden geconcludeerd dat de kans op schade aan de bebouwing door spoortrillingen verwaarloosbaar klein is (<1%).

5.7 Beoordeling mate van hinder voor personen in gebouwen, SBR-B

Met de uitgangspunten uit de voorgaande paragrafen zijn de waarden voor $V_{eff,max}$ in de te realiseren panden berekend. De V_{per} -waarden zijn met de gecorrigeerde $V_{eff,max}$ per periode van 30 seconden berekend.

De rekenwaarden voor $V_{eff,max}$ en V_{per} zijn getoetst aan de streefwaarden voor 'nieuwe situatie wonen', conform de SBR-B. In de onderstaande tabel is de toetsing weergegeven.

tabel 8: toetsing aan streefwaarden

Toetsing	$V_{eff,max}$ (A1)	Voldoet aan A1	$V_{eff,max}$ (A2)	V_{per} (A2)	Voldoet aan A2 / A3	Conclusie
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,4	0,05	-	-
dagperiode	0,18	nee	0,20	0,03	ja	voldoet aan SBR-B
avondperiode	0,21	nee	0,24	0,03	ja	voldoet aan SBR-B
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,2	0,05	-	-
nachtperiode	0,25	nee	0,28	0,01	nee	voldoet niet aan SBR-B

Uit de toetsing aan de streefwaarden uit de SBR-B voor de nieuwe situatie wonen blijkt dat niet aan de strengere streefwaarde voor de nachtperiode wordt voldaan. Gedurende de monitoringsperiode van een

week wordt acht keer deze streefwaarde overschreden. Aan de streefwaarden voor de overige dagdelen en voor de “bestaande situatie wonen” wordt wel voldaan.

De verhoogde trillingsniveaus worden veroorzaakt door passages van leeg materieel. Aannemelijk is dat de rijsnelheid van deze treinen een belangrijke factor is. Een andere factor welke mogelijk tot verhoogde trillingsniveaus heeft geleid, is de conditie van de twee aanwezige spoorwissels ter hoogte van meetpunt MP01. In meetpunt MP01 zijn trillingsniveaus namelijk ruim hoger dan ter plaatse van MP02.

Op basis van de formule van Barkan met een frequentie-gerelateerde bodemdempingsfactor en de gemeten $V_{eff,max}$ waarde blijkt bij een realisatie van de twee oostelijke woongebouwen vanaf 49 meter tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf voldaan wordt aan de streefwaarden uit de SBR-B.

De gemeten trillingsniveaus op meetpunt MP02, ter plaatse het meest westelijke woongebouw, voldoen wel aan de streefwaarden uit de SBR-B.

5.8 Maatregelen

Door passages van leeg materieel met afwijkende trillingsniveaus, zijn een beperkt aantal overschrijdingen van streefwaarden voor de “nachtperiode” in de “nieuwe situatie wonen” niet uit te sluiten.

Voor de twee oostelijke woongebouwen dient daarom sprake te zijn van een trillingsarm gebouwontwerp. Hierbij dienen de ontwerpkeuzes te zijn gebaseerd op trillingsberekening voor de specifieke situatie. De gebouwen dienen voorzien te zijn van een stijve fundering. Als rekenmodel om de mate van trillingshinder te bepalen dient gebruik te worden gemaakt van een tweedimensionaal eindige elementen model of gelijkwaardig.

Naast maatregelen met betrekking tot het gebouwontwerp kan ook de locatiekeuze van de woongebouwen of het treffen van overdrachtsmaatregelen worden overwogen. Een overdrachtsmaatregel is een maatregel in de bodem tussen spoor en gebouw, zoals uitdiepen of verbreden van de watergang of het aanbrengen van een betonnen wand. Voor locatiekeuze kan gedacht worden aan het vergroten van de afstand tussen gebouw en spoor en het verhogen van de afstand tot wissels.

6. Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek blijkt dat de kans op schade aan de geplande bebouwing door spoortrillingen verwaarloosbaar klein is ($<1\%$).

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat de mate van hinder door spoortrillingen voor de bewoners/gebruikers van de nieuw te bouwen appartementen niet voldoen aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B. Ter plaatse van een gedeelte van de twee oostelijke woongebouwen worden trillingssterkten hoger dan de streefwaarde verwacht.

De berekening is uitgevoerd met dempings- en vergrotingsfactoren welke gebruikelijk zijn voor het type geplande nieuwbouw, waarbij is uitgegaan van een betonnen fundering op palen.

Ter plaatse van het westelijke woongebouw wordt wel voldaan aan het gestelde in de SBR-B.

Als vervolgstap kan de ontwerp specifieke gebouwrespons worden bepaald door middel van een tweedimensionaal eindige elementen model. Tevens valt te denken aan wijziging van de locatiekeuze of het treffen van overdrachtsmaatregelen.

Dit rapport is opgesteld in opdracht:

Sweco Nederland B.V.
de heer G. Beentjes
De Holle Bilt 22
3732 HM DE BILT

Projectnummer: 223960
Locatie: De Scheg te Heerhugowaard
Opsteller: ing. M. (Michel) Gerritsen
Controleur: ing. D.C. (Niels) Blokland

Equipe Adviseurs B.V.
Daltonstraat 30D
3316 GD Dordrecht

Postbus 3064
3301 DB Dordrecht

088 078 1100
info@equipe-adviseurs.nl
www.equipe-adviseurs.nl

BANK NL45ABNA0586840729
KVK 24459961
BTW NL820721141B01

Samen gaan we voor goud!