

Risico- en kansenanalyse Spoortrillingen ontwikkeling Houterweg 2b te Hoogkarspel

Opdrachtgever: Breg ontwerp en advies
de heer M. Breg
Venedie 7
1601 HA Enkhuizen

Projectnummer: 214859

Versienummer: 1.0

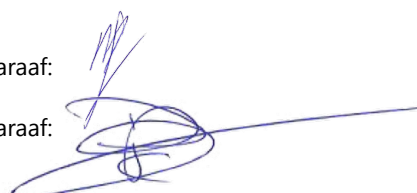
Plaats, datum: Dordrecht, 7 februari 2022

Auteur: ing. M. Gerritsen

Controleur: ing. D.C. Blokland

Paraaf:

Paraaf:



Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	3
1.1 Algemeen	3
1.2 Gegevens	3
2 Uitgangspunten	4
2.1 Huidige situatie	4
2.2 Herinrichting	4
2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen	5
3 Eisen, normering en randvoorwaarden	6
3.1 SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken	6
3.2 SBR-richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen	7
4 Quicksan trillingshinder	9
4.1 Aandachtszone	9
4.1.1 Klachten over spoortrillingen	9
4.1.2 Bodemopbouw	9
4.1.3 Ligging waterpartijen	10
4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen	10
4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen	10
4.1.6 Toekomstige wijzigingen spoor	11
4.1.7 Locatie- en type bebouwing	11
4.1.8 Vaststelling aandachtszone	11
4.2 Trillingsonderzoek	12
4.2.1 Uitvoering metingen	12
4.2.2 Vergelijking meetwaarden	13
4.2.3 Dominante frequentie	13
4.2.4 Beoordeling meetwaarden	13
4.2.5 Correctiefactoren	14
4.2.6 Beoordeling kans op schade, SBR-A	15
4.2.7 Beoordeling mate van hinder voor personen in gebouwen, SBR-B	15
5 Conclusie	16

Bijlagen

- 1 Resultaten monitoring SBR-B meetpunt 01
- 2 Resultaten monitoring SBR-B meetpunt 02
- 3 Resultaten monitoring SBR-A meetpunt referentie

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Breg ontwerp en advies is door BK Bouw- & Milieuadvies B.V. een prognose opgesteld van de te verwachte trillingsbelasting binnen de ontwikkellocatie Housterweg 2b te Hoogkarspel.

Doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de risico's en eventuele kansen met betrekking tot schade aan bouwwerken en hinder voor personen in gebouwen door spoortrillingen.

Breg ontwerp en advies ontwikkelt in het projectgebied kleinschalige woningbouw met circa tien woningen voor 55-plussers en een woning voor de beheerder. De dichtst op het spoor gelegen woning, de beheerderswoning, komt op een afstand vanaf circa 95 meter van het spoor te liggen.

1.2 Gegevens

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

1. door de opdrachtgevers aangeleverde gegevens;
2. Bouwbesluit 2012;
3. 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;
4. SBR-richtlijn deel A: Schade aan bouwwerken; meet- en beoordelingsrichtlijn, november 2017;
5. SBR-richtlijn deel B: Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002.

2 Uitgangspunten

2.1 Huidige situatie

De projectlocatie ligt ten zuiden van Hoogkarspel, voorbij de spoorbaan Hoorn - Enkhuizen. De omgeving rond de locatie betreft voornamelijk agrarisch gebied met agrarische bedrijven, enkele woningen en een horecagelegenheid.

De locatie ligt ter plaatse van de hoek tussen de Westerwijzend en de Housterweg. Aan de noordzijde grenst het plangebied aan enkele percelen met een woon- en horecabestemming met verderop achtereenvolgens de Westerwijzend, een watergang en de spoorbaan. De oostzijde grenst direct aan de Housterweg. Verderop aan de oostzijde en aan de zuid- en westzijde is voornamelijk sprake van agrarisch gebied.

Momenteel is de projectlocatie in gebruik als boomgaard. De kortste afstand van de locatiegrens tot aan de spoorbaan bedraagt circa 55 meter.

figuur 1: overzicht projectlocatie en omgeving (huidige situatie)



2.2 Herinrichting

Op de onderzoekslocatie bestaat het voornemen voor de bouw van een aantal grondgebonden woningen. Om dit planvoornemen te realiseren, dient een nieuw bestemmingsplan te worden opgesteld. De geplande woningen betreffen circa tien woningen voor 55-plussers. Deze zullen op circa 130 meter vanaf het spoor worden gerealiseerd en zullen uit circa één woonlaag bestaan. Op 95 meter tot aan de meest nabijgelegen spoorstaaf is tevens een beheerderswoning voorzien. Deze woning zal uit circa twee bouwlagen bestaan.

In figuur 2 is de toekomstige situatie van de locatie weergegeven waarop voorliggend onderzoek betrekking heeft.

figuur 2: overzicht projectlocatie en omgeving (toekomstige situatie, na herinrichting)



2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen

De voelbaarheid van trillingen is ter plaatse van de nieuw te bouwen woningen van 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. Als de trilling sterk genoeg is 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 zijn over het algemeen het beste voelbaar op hogere verdiepingen en 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 voelbaarheid van bepaalde trillingssterkten beschreven.

tabel 1: gevoelsomschrijving trillingen

Sterkte $V_{\max, \text{eff}}$ in mm/s	Waarneming	Hinderkwalificatie
<0,1	niet voelbaar	geen hinder
0,1 - 0,2	juist voelbaar	weinig hinder
0,2 - 0,8	juist voelbaar tot goed voelbaar	matige hinder
0,8 - 3,2	goed voelbaar tot sterk voelbaar	hinder
> 3,2	zeer sterk voelbaar	ernstige hinder

3 Eisen, normering en randvoorwaarden

3.1 SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken

Trillingen op het pand worden getoetst aan de eisen zoals opgenomen in de SBR-richtlijn A. De belangrijkste bepalingen uit de SBR-richtlijn A zijn in onderstaande opgenomen.

Bouwwerken kunnen door verschillende omstandigheden in trilling raken. Veel bouwwerken zijn niet expliciet ontworpen om trillingen op te nemen, waardoor er 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. Door 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 in deze rapportage beschreven monitoring is uitgevoerd conform de laatste versie van de SBR-richtlijn, van november 2017.

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.

Veiligheidsfactoren

De grenswaarde is met de factor (Y_v) 1,6 gecorrigeerd voor de gehanteerde strategie 'indicatief'. Deze strategie houdt in dat de trillingen met één enkel meetsysteem per woning/pand/gevel worden gemonitord.

Daarnaast is de grenswaarde gecorrigeerd met een veiligheidsfactor (Y_s) voor het type trillingen. Op basis van de bron met de grootste trillingsbelasting, het spoorverkeer, betreffen de trillingen 'continu trillingen' waarvoor een veiligheidsfactor geldt van 2,5.

Aangezien in de huidige situatie sprake is van nieuwbouw, is de extra veiligheidsfactor (Y_s) voor een pand met een monumentenstatus of van een pand met een verhoogde gevoeligheid voor trillingen niet van toepassing.

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 A_1 , A_2 en A_3 :

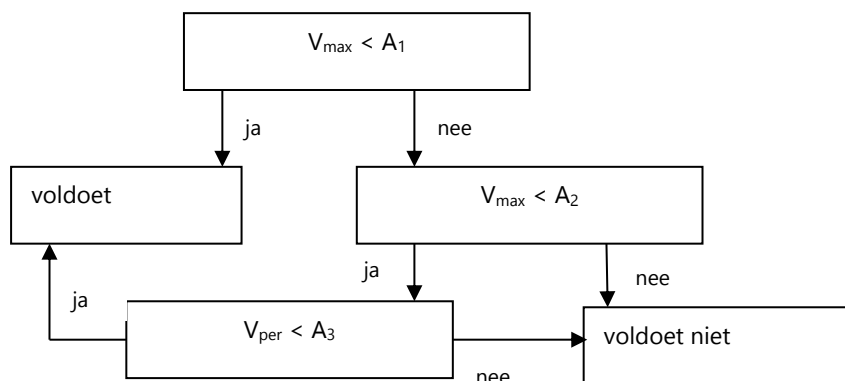
- A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$.
- A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$.
- A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

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 A_1 of;
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte ($V_{\max}$) kleiner is dan A_2 , waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

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.

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 2 zijn de streefwaarden opgenomen die gelden voor de beoordeling van trillingen ter plaatse van het nieuw te bouwen woningen. 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).

tabel 2: overzicht streefwaarden hinder, herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situatie

Gebouwfunctie	Dag- en avondperiode			Nachtperiode		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,0,05

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

4 Quickscan trillingshinder

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

4.1 Aandachtszone

4.1.1 Klachten over spoortrillingen

In de toekomstige situatie ligt een deel van de beheerderswoning binnen de aandachtszone (<100 meter) van de spoorlijn.

Langs de spoorlijn bevinden zich in de nabije omgeving een aantal woningen op vergelijkbare afstand binnen de aandachtszone van de spoorlijn. Bij Prorail is navraag gedaan over klachten met betrekking tot spoortrillingen in de nabijheid van de projectlocatie. Prorail kon in verband met privacyoverwegingen geen informatie hierover verstrekken. Internetonderzoek heeft geen klachten met betrekking tot spoortrillingen in de nabijheid van de projectlocatie opgeleverd.

4.1.2 Bodemopbouw

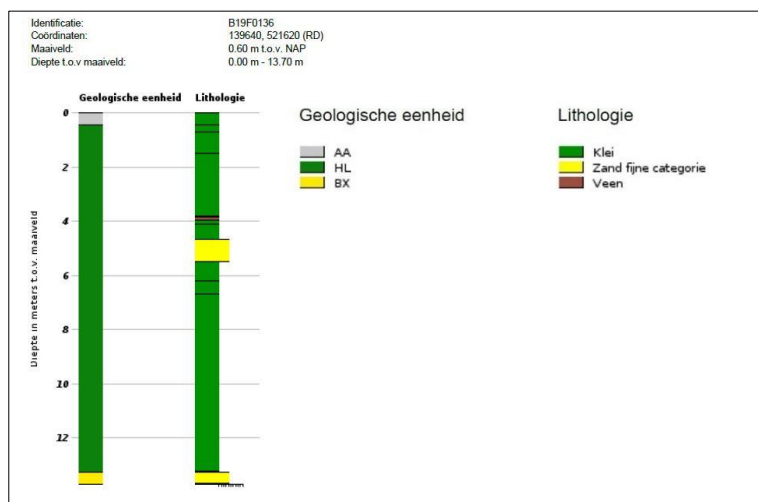
Op basis van de regionale bodemopbouw bestaan de bovenste bodemlagen uit klei, zand en veen. De regionale bodemopbouw is in de onderstaande tabel opgenomen. Deze informatie is afkomstig van Dinoloket (<https://www.dinoloket.nl>).

tabel 3: regionale bodemopbouw

Diepte (m -mv)	Geologische formatie	Lithologie
0,0 – 4,0	Formatie van Naaldwijk	zand, zeer fijn tot matig grof, lokaal kleiig, schelphoudend, kalkrijk; klei, siltig tot zandig, lokaal humeus
4,0 – 5,0	Formatie van Nieuwkoop	veen, lokaal kleiig
5,0 – 12,0	Formatie van Naaldwijk	zeer fijn tot matig zand, zwak tot sterk siltig, lokaal zwak tot sterk grindhoudend

De lokale bodemopbouw van de bovenste bodemlaag bestaat tot 13 m -mv hoofdzakelijk uit klei met enkele dunnere lagen van zand en veen. Vanaf 13m -mv is fijn zand aanwezig. De lokale bodemopbouw is in het onderstaande figuur weergegeven. De informatie is afkomstig van Dinoloket (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>). Het maaiveldniveau ligt op -1,5 meter ten opzichte van NAP.

figuur 3: overzicht boorprofiel nabij projectlocatie (bron: dinoloket)

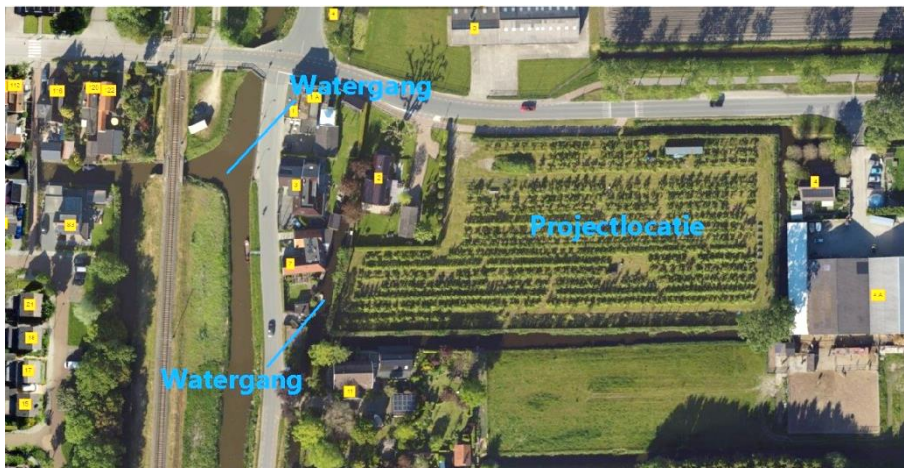


Op basis van de bodemopbouw is er geen aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone.

4.1.3 Ligging waterpartijen

Tussen de spoorlijn en de projectlocatie liggen twee watergangen. Parallel aan de spoorbaan loopt de watergang de Grote Wijzend. Deze watergang is circa zeven meter breed. De andere waterstructuur loopt voor een deel rondom de projectlocatie en is circa 2,5 meter breed. De diepten van de beide watergangen zijn onbekend.

figuur 4: overzicht situatie watergangen



Gezien de ligging van de watergangen is sprake van enige obstructie in de bodem waardoor een deel van de trillingen worden gedempt/ uitgedoofd.

4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen

Discontinuïteiten vormen een bron van spoortrillingen en ontstaan bij: wissels, overwegen, overgangen van en naar kunstwerken en ES – lassen.

Ten noorden van de projectlocatie is sprake van een kleine spoorbrug, gelegen op circa 95 meter vanaf de meest nabijgelegen gevel van de geplande beheerderswoning. Iets verderop, in de richting van Enkhuizen, bevindt zich de overweg over de Nieuweweg en nabij station Hoogkarspel een wissel.

Zogenaemde ES-lassen zijn niet beschouwd. Wanneer de ES-lassen in een goede conditie verkeren veroorzaken deze geen extra trillingen.

De aanwezigheid van de spoorbrug, de overweg en de wissels geven op zich een aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone.

4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen

Ten noorden van de projectlocatie ligt het spoortraject Hoorn – Enkhuizen. De projectlocatie ligt tussen de dienstregelpunten Hoorn-Kersenboogerd en Hoogkarspel. In tabel 4 is een overzicht opgenomen van het aantal en type treinen dat het spoor ter hoogte van de projectlocatie passeert.

tabel 4: overzicht treinverkeer in aantallen en type treinen per dag

Datum	Dag	Spoorvervoer	Reizigersvervoer		Overig	
		totaal	IC	Spinter	Goederen	Leeg materieel
13-1-2022	do	76	72	1	0	3
14-1-2022	vr	78	73	2	0	3
15-1-2022	za	78	8	67	0	3
16-1-2022	zo	70	67	1	0	2
17-1-2022	ma	78	72	2	0	4
18-1-2022	di	77	73	2	0	2
19-1-2022	wo	78	72	2	0	4
20-1-2022	do	75	69	2	0	4
13-1-2022	do	76	72	1	0	3
14-1-2022	vr	78	73	2	0	3

Op basis van het overzicht vindt op het traject hoofdzakelijk personenvervoer plaats. Gedurende de monitoringsperiode heeft geen goederenvervoer plaats gevonden. Goederentreinen zijn over het algemeen zwaarder en leiden over het algemeen tot hogere trillingsniveaus. Op basis van het treinbeeld zijn ter plaatse van de projectlocatie lagere trillingssterkten te verwachten dan het geval zou zijn indien goederenvervoer over het traject zou plaatsvinden.

4.1.6 Toekomstige wijzigingen spoor

Spooruitbreidingen, elektrificatie en intensivering van de dienstregeling kunnen van invloed zijn op het ontstaan van spoortrillingen.

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. Voor het tracé Hoorn – Enkhuizen zijn geen toekomstige wijzigingen vermeld.

4.1.7 Locatie- en type bebouwing

Op de projectlocatie is de realisatie van circa tien woningen gepland. De woning welke het dichtst op de spoorbaan gepland is, zal op circa 95 meter afstand vanaf de dichtstbij gelegen spoorstaaf worden gerealiseerd. Deze woning, de beheerderswoning, zal uit circa twee woonlagen bestaan. De overige woningen komen vanaf circa 130 meter tot aan de spoorbaan te liggen en zullen uit circa een woonlaag bestaan.

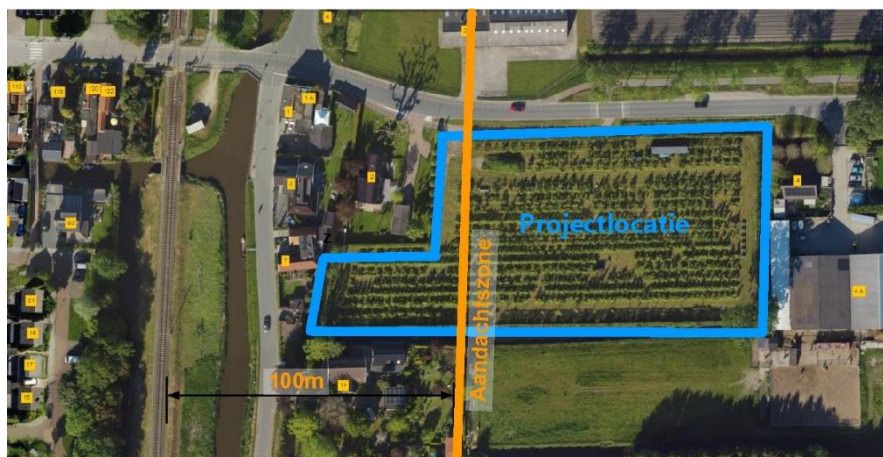
Gezien de bodemopbouw wordt ervan uitgegaan dat de woningen worden onderheid en worden voorzien van een betonnen fundering.

4.1.8 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 bodemopbouw en de aanwezigheid van twee watergangen zullen een dempende werking hebben op de spoortrillingen. Door de afwezigheid van goederentransport over het spoortraject zijn lagere trillingssterkten te verwachten.

De aandachtszone voor spoortrillingen bevindt zich daarom binnen een gebied van 100 meter vanaf het spoor. In figuur 5 is de aandachtszone weergegeven op een overzicht van de huidige situatie.

figuur 5: weergave aandachtszone spoortrillingen (huidige situatie)



De oranje lijn op de bovenstaande figuur geeft de aandachtszone weer.

4.2 Trillingsonderzoek

4.2.1 Uitvoering metingen

In een aaneengesloten periode van 13 tot en met 20 januari 2022 hebben trillingsmetingen plaatsgevonden op de projectlocatie. De metingen zijn met twee Swarm V2.2cw meetsystemen van Omnidots uitgevoerd. Aanvullend zijn op de projectlocatie op de kortste afstand tot het spoor referentiemetingen uitgevoerd met een Swarm V2.1 meetsysteem. In tabel 5 is het meetbereik van de gebruikte trillingsmeters weergegeven.

tabel 5: meetsystemen

Meetsystemen	Frequentiebereik (Hz)	Meetbereik (mm/s)	SBR-A*	SBR-B*
Omnidots Swarm V2.1	0,5-250	0,2-50	Voldoet	Voldoet niet
Omnidots Swarm V2.2cw	0,5-250	0-300	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 gemonteerd op een betonnen stoeptegels en onder maaiveld ingegraven. De monitoring is voor beide meetpunten uitgevoerd op 95 meter afstand tot aan de meest nabijgelegen spoorstaaf, waarvan één meetsysteem ter plaatse van de toekomstige funderingspunt. Om stoortrillingen beter van spoortrillingen te kunnen onderscheiden is een referentie-meetsysteem op circa 60 meter vanaf de spoorbaan geïnstalleerd. Tevens wordt met de meetresultaten van het referentie-meetsysteem de kans op schade aan gebouwen bepaald.

In figuur 6 zijn de meetlocaties weergegeven op een overzicht van de toekomstige situatie.

figuur 6: overzicht meetlocaties (toekomstige situatie, na herinrichting)



4.2.2 Vergelijking meetwaarden

Als resultaat van de metingen conform SBR richtlijn deel B volgen de opgetreden $V_{eff,max}$ waarden per 30 seconde intervallen. De verkregen meetwaarden van beide meetlocaties zijn vergeleken.

De aantal trillingen en de hoogte van de trillingsniveaus zijn voor beide meetpunten laag. Gedurende de monitoringsperiode worden op meetlocatie MP01 worden in totaal drie trillingen geregistreerd. Eén van deze trillingen wordt eveneens ter plaatse van het referentiemeetpunt gemeten. Op meetlocatie MP02 worden geen trillingen boven de detectiegrens waargenomen.

4.2.3 Dominante frequentie

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

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

4.2.4 Beoordeling meetwaarden

De verkregen meetwaarden zijn beoordeeld, waarbij trillingen door stoorbronnen zijn geïdentificeerd en onderbouwd niet zijn meegenomen in de berekeningen. In de beoordeling van de meetresultaten is 'worst-case' uitgegaan van de meetlocatie met de hoogste trillingsniveaus. De beoordeling heeft plaatsgevonden over de periode van circa 12:00 uur op 13 januari tot 12:00 uur op 20 januari 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.

Tijdens de monitoringsperiode was er sprake van een aangepaste dienstregeling met minder intercity-treinen in de spits op het traject Amsterdam Centraal – Enkhuizen. Uit een vergelijking van de dienstregeling blijkt dat tijdens de monitoringsperiode circa 2% minder treinpassages per dag hebben plaatsgevonden.

tabel 6: beoordeling meetresultaten

Meetpunt	Tijdstip, datum	$V_{eff,max}$ (bodem)	Kenmerk	Conclusie
MP01	19-01-2022, 13:21:29	0,11	trilling wordt eveneens door referentie-meetsysteem geregistreerd, komt overeen met treinpassage intercity 3951	bron: mogelijk spoortrillingen
MP01	17-01-2022, 18:52:59	0,11	trilling wordt niet door referentie-meetsysteem geregistreerd, geen treinpassage plaatsgevonden	bron: onbekend, stoorbron

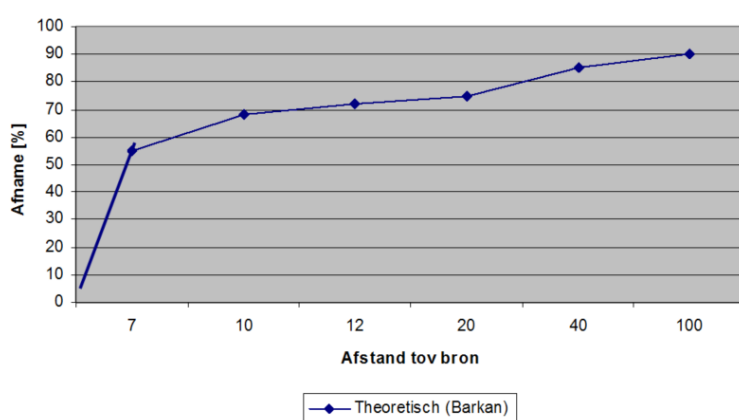
MP01	16-01-2022, 09:21:59	0,10	trilling wordt niet door referentie-meetsysteem geregistreerd, geen treinpassage plaatsgevonden	bron: onbekend, stoorbron
M02	alle waarden voor $V_{\text{eff,max}}$ zijn lager dan de detectiegrens			

4.2.5 Correctiefactoren

De toetsing aan de streefwaarde dient te worden uitgevoerd met de $V_{\text{eff,max}}$ -waarden die in de toekomstige bebouwing worden verwacht. Aangezien de metingen op 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 1 is de afname van de trillingssterkte weergegeven in procenten per meter afstand.

grafiek 1: weergave formule van Barkan



Aangezien de trillingsmeter met de hoogste gemeten trillingsniveaus (MP01) ter plaatse van de toekomstige fundering van de meest nabij het spoor gelegen gevel is geïnstalleerd, dienen de gemeten $V_{\text{eff,max}}$ waarden op maaiveldniveau niet te worden gecorrigeerd voor de afstand tot de spoorbaan.

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

- $V_{\text{eff,max}}$ maaiveld 0,11
- correctiefactor bodem naar fundering: 0,9
- correctiefactor fundering naar vloer: 1,3

4.2.6 Beoordeling kans op schade, SBR-A

Op basis van toetsing van de meetresultaten aan de normering uit de SBR-A, gecorrigeerd voor meetstrategie 'indicatief' en type trillingen 'continu', voor gebouwcategorie 2 kan worden geconcludeerd dat de kans op schade aan de bebouwing door spoortrillingen verwaarloosbaar klein is (<1%).

De toetsing aan de grenswaarden uit de SBR-A is worst-case uitgevoerd met de meetresultaten op 60 meter vanaf de spoorbaan en voor gebouwcategorie 2. In bijlagen 3 zijn de, niet voor stoortrillingen gecorrigeerde, meetgegevens en de toetsing aan de SBR-A opgenomen.

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

Met de uitgangspunten uit de voorgaande paragrafen zijn de waarden voor $V_{\text{eff,max}}$ in de te realiseren gebouwen berekend. De V_{per} -waarden zijn met de gecorrigeerde $V_{\text{eff,max}}$ per periode van 30 seconden berekend. Hierbij is 'worst-case' uitgegaan van het hoogste trillingsniveau van de drie richtingen per periode.

De rekenwaarden voor $V_{\text{eff,max}}$ 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 7: toetsing aan streefwaarden

Toetsing	$V_{\text{eff,max}}$ (A1)	voldoet aan A1	$V_{\text{eff,max}}$ (A2)	V_{per} (A3)	Voldoet aan A2 / A3	conclusie
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,4	0,05	-	-
M01 dagperiode	0,13	nee	0,13	0,00	ja	voldoet aan SBR-B
M01 avondperiode	<0,10	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	voldoet aan SBR-B
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,2	0,05	-	-
M01 nachtperiode	<0,10	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	voldoet aan SBR-B

Aangezien ruimschoots wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B, zal een nadere beschouwing van de aangepaste dienstregeling tijdens de monitoringsperiode geen significante invloed heeft op de toetsing. Een nadere beschouwing van de aangepaste dienstregeling is om deze reden niet relevant.

5 Conclusie

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 woningen voldoen aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd dat de kans op schade aan de bebouwing door spoortrillingen verwaarloosbaar klein is (<1%).

De berekening is met conservatieve waarden uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met enige mate van onzekerheid. Bij het bepalen van de correctiefactoren is uitgegaan dat de nieuwbouw wordt voorzien van een betonnen fundering op palen.

Aanvullend onderzoek naar hinder door spoortrillingen ten behoeve van het betreffende planvoornemen is niet noodzakelijk.

Bijlage

1 Resultaten monitoring SBR-B meetpunt 01

Project: Housterweg 2b Hoogkarspel SBR B

Meetpunt: SBR B 01 (JEPOCE)

Richtlijn: SBR-B 2002

Tijdzone: Europe/Amsterdam

VDV (Vibration Dose Value) berekenen: Uit

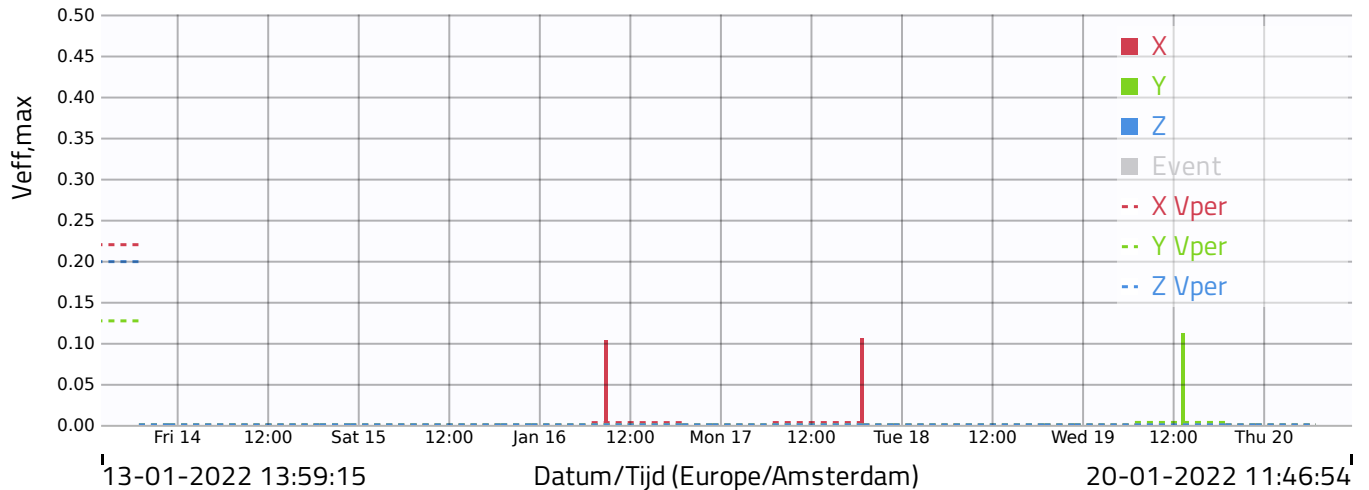
Gebouwfunctie: Wonen

Omstandigheden: Herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

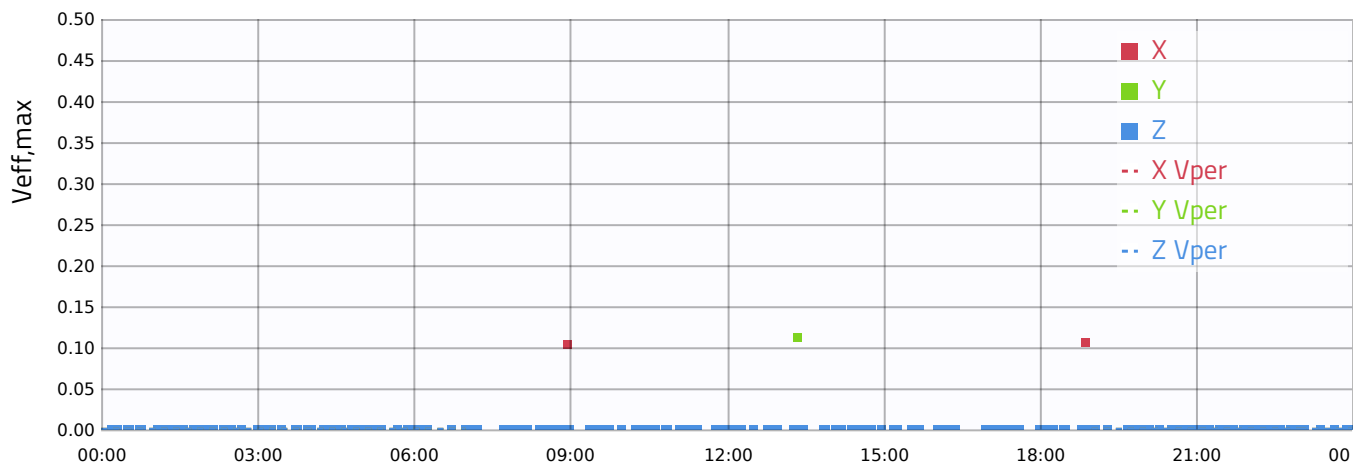
Lagere beschermingsgraad: Uit

Situatie: Nieuwe situatie

Hoogste effectieve trillingsgrootheid/tijd



Vper dag grafiek



Vper tabel

Datum	Periode	Vmax x	Vmax y	Vmax z	Vper x	Vper y	Vper z	A1	A2	A3	Opmerkingen
13-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (58%)	5.77	2.39	4.29	0.22	0.13	0.20	0.2	0.8	0.1	Voldoet niet
13-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
13-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
14-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
14-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
14-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
15-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
15-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
15-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
16-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0.10	0	0	0.00	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
16-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
16-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
17-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0.11	0	0	0.00	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
17-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
17-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
18-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
18-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
18-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
19-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0.11	0	0	0.00	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
19-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
19-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
20-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (44%)	72.46	65.09	42.81	2.88	2.63	1.83	0.1	0.4	0.05	Voldoet niet

Bijlage

2 Resultaten monitoring SBR-B meetpunt 02

Project: Housterweg 2b Hoogkarspel SBR B

Meetpunt: SBR B 02 (GIXAQA)

Richtlijn: SBR-B 2002

Tijdzone: Europe/Amsterdam

VDV (Vibration Dose Value) berekenen: Uit

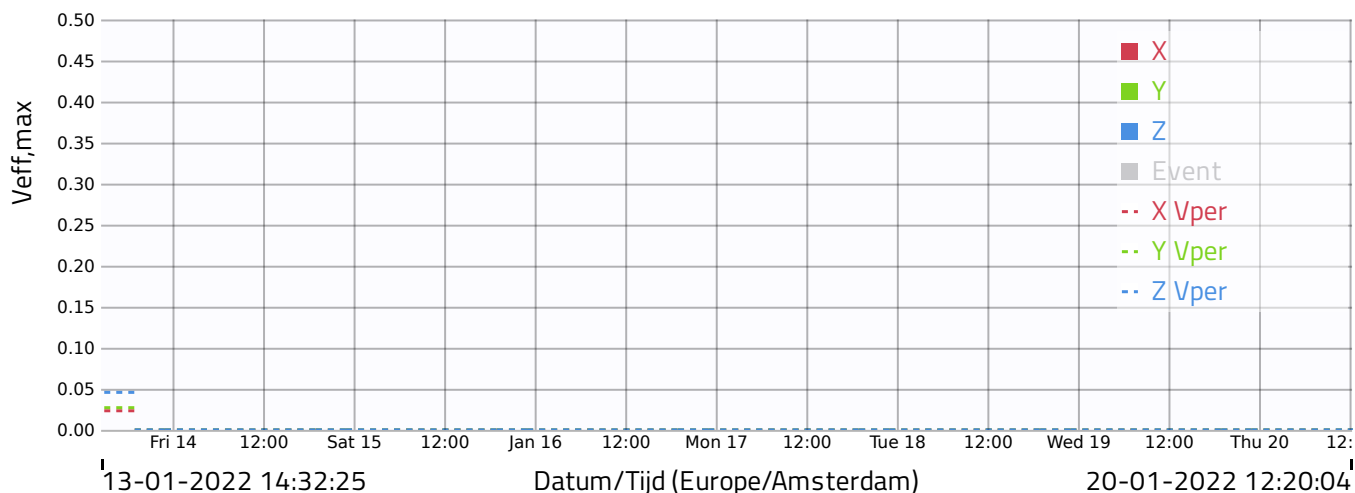
Gebouwfunctie: Wonen

Omstandigheden: Herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

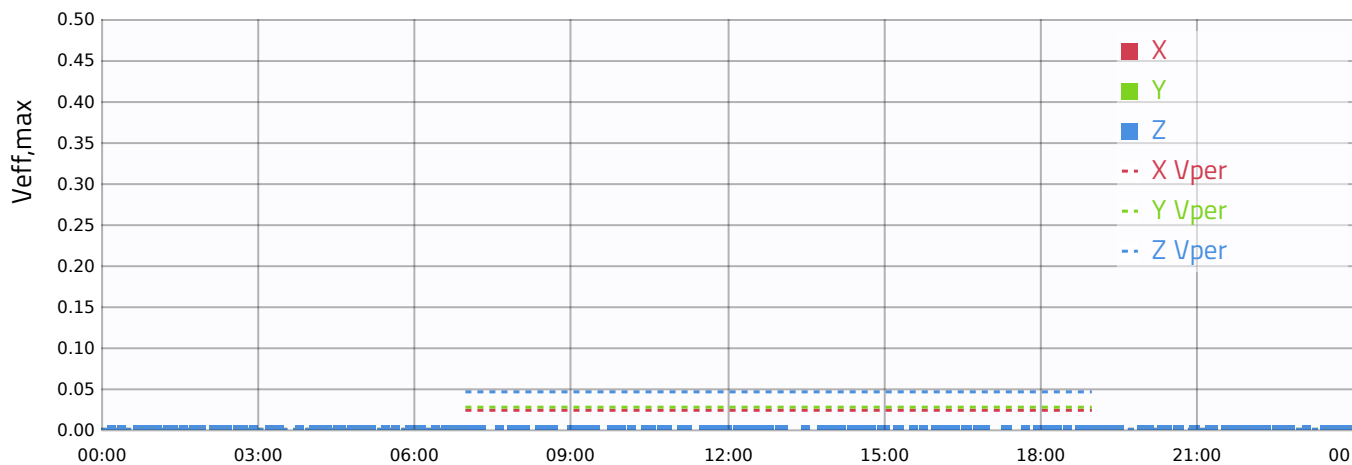
Lagere beschermingsgraad: Uit

Situatie: Nieuwe situatie

Hoogste effectieve trillingsgrootheid/tijd



Vper dag grafiek



Vper tabel

Datum	Periode	Vmax x	Vmax y	Vmax z	Vper x	Vper y	Vper z	A1	A2	A3	Opmerkingen
13-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (53%)	0.58	0.48	0.97	0.02	0.03	0.05	0.1	0.4	0.05	Voldoet niet
13-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
13-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
14-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
14-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
14-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
15-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
15-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
15-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
16-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
16-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
16-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
17-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
17-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
17-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
18-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
18-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
18-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
19-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
19-01-2022	Avond (19:00:00-23:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet
19-01-2022	Nacht (23:00:00-07:00:00) (100%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.05	Voldoet
20-01-2022	Dag (07:00:00-19:00:00) (43%)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.05	Voldoet

Bijlage

3 Resultaten monitoring SBR-A meetpunt referentie

Project: Houterweg 2b Hoogkarspel SBR A

Meetpunt: RF SBR A (COFERU)

Atop (Grootste trillingsversnelling) berekenen: Aan

Atop rechte lijn drempelwaarde: 670 mm/s²

Evaluatietype: Draagconstructie begane grond

Bouwkundige staat: Normaal niet monumentaal

Categorie gebouw: Cat 2

Drempelwaarde voor opslag meting: 0.2 mm/s

Richtlijn: SBR-A 2017

Meetinterval (seconden): 2

Type meting: Indicatief

Waarden onder drempelwaarde opslaan: Uit

Tijdzone: Europe/Amsterdam

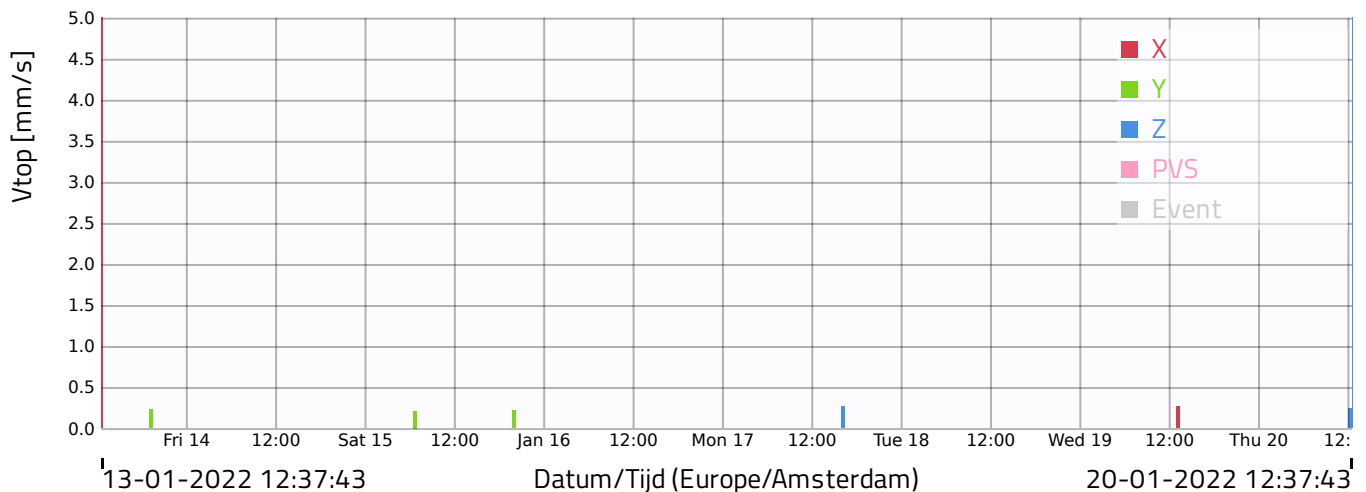
VDV (Vibration Dose Value) berekenen: Uit

PVS (Peak Vector Sum) berekenen: Uit

Type trilling: Continu

Vtop (Grootste trillingssnelheid) berekenen: Aan

Grootste trillingssnelheid/tijd



Grootste trillingssnelheid/frequentie

