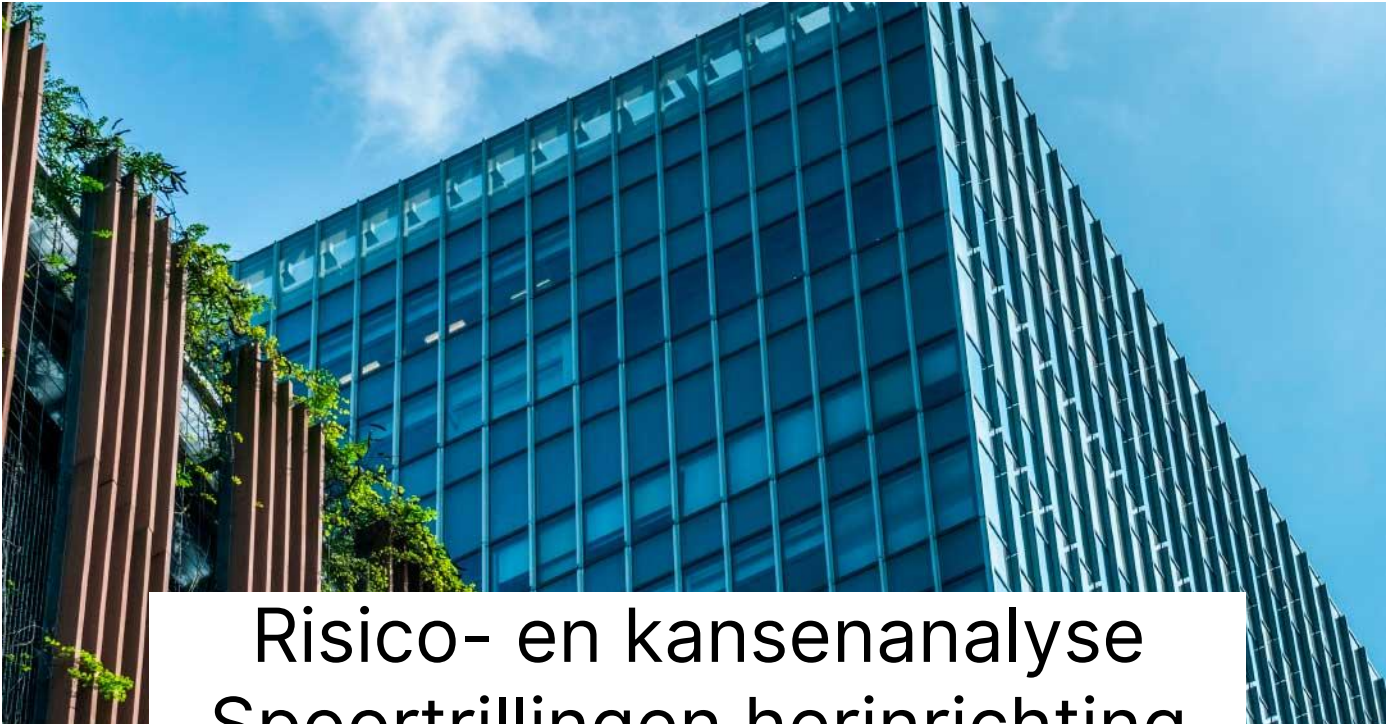
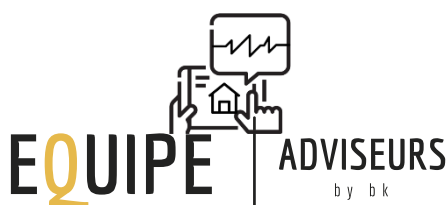




Risico- en kansenanalyse Spoortrillingen herinrichting Sportpark Liendert te Amersfoort

Versie 2.0

Omgevingsmonitoring



De uitkomst van uw rapport

Projectnummer: 206221
Locatie: Sportpark Liendert te
Amersfoort

28 september 2022

De uitkomsten

De mate van hinder door spoortrillingen voor de bewoners van de nieuw te bouwen appartementen voldoet aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B.

Vervolg

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

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	8
3.1	SBR richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen	8
3.2	SBR richtlijn A, Schade aan bouwwerken	9
3.2.1	Maximale toetswaarden en correctiefactoren	9
4.	Quick scan trillingshinder	11
4.1	Aandachtszone	11
4.1.1	Klachten over spoortrillingen	11
4.1.2	Bodemopbouw	11
4.1.3	Ligging waterpartijen	11
4.1.4	Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen	11
4.1.5	Verkeersgegevens spoorwegen	12
4.1.6	Locatie- en type bebouwing	12
4.1.7	Toekomstige wijzigingen spoor	13
4.1.8	Vaststelling aandachtszone	13
4.2	Trillingsonderzoek	13
4.2.1	Uitvoering metingen	13
4.3	Vergelijking meetwaarden	14
4.4	Dominante frequentie	14
4.5	Beoordeling meetwaarden	14
4.6	Correctiefactoren	15
4.6.1	SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken	15
4.6.2	SBR-richtlijn B, Hinder voor personen in gebouwen	15
4.7	Beoordeling kans op schade, SBR-A	16
4.8	Beoordeling mate van hinder voor personen in gebouwen, SBR-B	16
5.	Conclusie	17

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van De Alliantie Ontwikkeling B.V. en Gemeente Amersfoort is door Equipe Adviseurs een prognose opgesteld van de te verwachten trillingsbelasting binnen projectgebied 'Sportpark Liendert in Amersfoort'.

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

De Alliantie Ontwikkeling B.V. bouwt in het projectgebied een appartementencomplex bestaande uit vier delen met maximaal zes bouwlagen op relatief korte afstand van het spoor. Gemeente Amersfoort begeleidt de gebiedsontwikkeling van Sportpark Liendert. Gezien de samenhang van deze projecten is de trillingsprognose opgesteld voor de gehele herontwikkeling.

1.2 Gegevens

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

1. door de opdrachtgevers aangeleverde gegevens;
2. 'Voorlopig Ontwerp Sportpark Liendert', 03 juli 2019, opgesteld door: Ziegler Brandhorst, Stedenbouw en Architectuur;
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

Op projectlocatie 'Sportpark Liendert' ligt in de hoek van het Valleikanaal en de spoorlijn, traject Amersfoort Centrum/Hoevelaken. De locatie wordt aan de oostzijde begrensd door de Parelhoenstraat waar woningen zijn gesitueerd. In de huidige situatie is het een en ander aan sloopwerkzaamheden reeds verricht en worden voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd. Op het sportpark was onder andere een tennis- en jeu de boules vereniging aanwezig met meerdere velden en banen. Het sportpark bevindt zich in een groene omgeving.

Aan de zijde van de Parelhoenstraat zijn meerdere woningen en woonblokken aanwezig (laagbouw) en een school.

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

figuur 1: overzicht Sportpark Liendert (situatie 2020)



2.2 Herinrichting

Op basis van het stedenbouwkundigplan (kenmerk: Voorlopig ontwerp Sportpark Liendert, 03 juli 2019, opgesteld door Ziegler Brandhorst) wordt het gehele sportpark opnieuw ingericht. Hierbij wordt een appartementencomplex gebouwd, bestaande uit vier woonblokken met (circa) vijf woonlagen aan de zijde van het kanaal. Ter hoogte van de Parelhoenstraat/Jan van Riebeeckpad worden enkele eengezinswoningen gerealiseerd.

Het sportpark bestaat uit nieuw aangelegde tennisvelden en jeu de boules banen. De velden en banen liggen aan een centraal sportplein met terras en waarschijnlijk een kantine of clubgebouw. Nabij het appartementencomplex wordt een speelplaats ingericht en wordt een oefenveld aangelegd.

figuur 2: overzicht Sportpark Liendert (toekomstige situatie, na herinrichting)



2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen

De voelbaarheid van trillingen is ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex en eengezinswoningen 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 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 trillingsnelheid $V_{\max,eff}$. In onderstaand overzicht wordt de voelbaarheid van bepaalde trillingssterkten beschreven.

tabel 1: gevoelsomschrijving trillingen

Omschrijving:	Sterkte $V_{\max.\text{eff}}$
Niet voelbaar	$<0,1$
Gevoelsgrens	$=0,1$
(net) Voelbaar	$0,1 - 0,4$
Goed voelbaar	$0,4 - 1,6$
Sterk voelbaar	$1,6 - 6,3$
Zeer sterk voelbaar	$>6,3$

3. Eisen, normering en randvoorwaarden

3.1 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 :

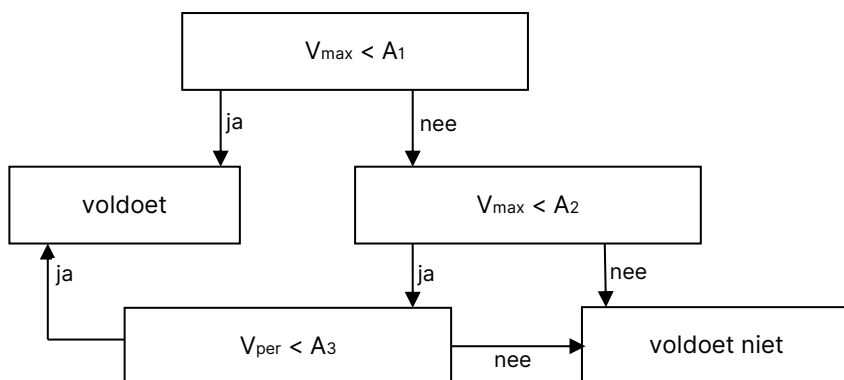
- A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$;
- A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

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. 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 2 zijn de streefwaarden opgenomen die gelden voor de beoordeling van trillingen ter plaatse van het nieuw te bouwen appartementencomplex aan het Jan van Riebeeckpad en ter plaatse van de eengezinswoningen ter hoogte van de Parelhoenstraat.

tabel 2: 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.

3.2 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.

3.2.1 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 bouwcategorie 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 3: 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

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 Aandachtszone

4.1.1 Klachten over spoortrillingen

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

4.1.2 Bodemopbouw

Op basis van de regionale bodemopbouw bestaan de bovenste bodemlagen uit zand met bijmengingen van veen, klei en leemachtig materiaal.

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 - 0,5	Deklaag	Antropogene afzettingen	Zeer fijn tot zeer grof zand; siltig tot zandig klei; huisafval; puin
0,5 - 3,0	Watervoerend Pakket	Formatie van Bontel	Zeer fijn tot zeer grof zand, lokaal kleiig, grindig of humeus; lokaal zandig leem; siltig tot zandig klei; kleiig veen
3,0 - 12,5	Watervoerend Pakket	Formatie van Drente	Zeer fijn tot uiterst grof zand, lokaal kleiig tot grindig; kleiig tot grindig leem; lokaal siltig tot zandig klei; stenen; keien; blokken

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

4.1.3 Ligging waterpartijen

Zuidelijk ten opzichte van het plan gebied is een waterpartij aanwezig, te weten het Valleikanaal. Het kanaal heeft een breedte van circa 30 meter. De spoorlijn, beschouwd in dit onderzoek, kruist het kanaal over een aquaduct.

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

4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen

Ter plaatse van het plangebied is sprake van een 'kunstwerk' waarmee de spoorlijn over het water geleid wordt. Dit aquaduct betreft een overgangsconstructie. Een deel van deze constructie is op betonnen kolommen doorgetrokken (één enkel spoor) en kruist verderop het traject de andere sporen. De betonnen kolommen en overgangsconstructie is 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 appartementencomplex.

Zogenaemde ES-lassen zijn niet beschouwd. Wanneer de ES-lassen in een goede conditie verkeren veroorzaken deze geen extra trillingen. Gezien de te beschouwen spoorlijn een intensief gebruikte lijn betreft kan worden aangenomen dat de staat van het onderhoud aan dit spoor voldoende is.

Omdat de aanwezige overgangsconstructie waarschijnlijk de meeste trillingen veroorzaakt zijn eventueel aanwezige ES-lassen buiten beschouwing gelaten.

4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen

Langs het herinrichtingsplan ligt een treinspoor, traject Amersfoort Centraal – Hoevelaken/Nijkerk, westelijk ten opzichte van het plangebied. De spoorlijnen liggen op een verhoging (grondwal) en verhoogd boven het maaiveld in een spoorbak op betonnen kolommen. Het spoortraject is een druk bereden traject waarover zowel personenvervoer plaatsvindt als wel goederenvervoer.

In tabel 5 is een overzicht opgenomen van het aantal treinen dat het traject Amersfoort Centraal – Hoevelaken/Nijkerk 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	Stoptrein	Goederen	Overige
29-8-2022	ma	479	208	76	132	23	40
30-8-2022	di	175	6	1	137	25	6
31-8-2022	wo	413	107	112	137	24	33
1-9-2022	do	607	252	144	138	35	38
2-9-2022	vr	556	225	135	134	38	24
3-9-2022	za	524	292	85	112	27	8
4-9-2022	zo	450	216	122	74	25	13
5-9-2022	ma	596	249	139	136	28	44

De gegevens uit tabel 5 zijn opgevraagd bij ProRail, afdeling publieksvoorlichting. Uit het overzicht blijkt dat naast personenvervoer ook goederenvervoer plaatsvindt op het traject. Goederentreinen zijn over het algemeen zwaarder en leiden over het algemeen tot hogere trillingsniveaus. Op het traject bestaat het overige vervoer hoofdzakelijk uit locomotieven, leeg materieel en onderhoudsmaterieel.

Op 30 en 31 augustus vond minder reizigersvervoer plaats over het traject, in verband met een staking van NS-personeel. Het spoorvervoer op de overige dagen was representatief. Aangezien goederentreinen over het algemeen leiden tot hogere trillingsniveaus dan reizigersvervoer heeft het verminderde reizigersvervoer een verwaarloosbare invloed op de representativiteit van de trillingsmetingen.

4.1.6 Locatie- en type bebouwing

Het appartementencomplex bevindt zich vanaf 61 meter tot aan de eerste spoorstaaf. Het pand wordt voorzien van een betonnen draagconstructie op palen. Het deel van het pand binnen de aandachtszone staat met de lange zijde parallel aan het spoor. Hierdoor bevinden de dragende muren zich haaks op het spoor. De overspanning van de vloer is, gezien de beukmaat van de appartementen, relatief klein waardoor opzweping van vloervelden niet tot minimaal zal zijn.

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, niet/minder gevoelig voor trillingen.

Ter plaatse van het 'sportplein' ligt de locatie waar een kantine of clubgebouw is gepland ook binnen de aandachtszone. Dit pand bevindt zich op circa 75 meter vanaf de eerste spoorstaaf. De opbouw van dit pand is onbekend, aannemelijk is, gezien de bodemopbouw en bouwwerken in de omgeving, dat dit pand op een paalfundering wordt gebouwd en bestaat uit een betonnen draagconstructie. Gezien de stijve fundering, afstand tot het spoor en de functie van het pand is het aannemelijk dat ter plaatse van dit pand geen sprake is van hinder voor de gebruikers van het pand.

4.1.7 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 Amersfoort Centraal – Hoevelaken/Nijkerk zijn geen toekomstige wijzigingen vermeld.

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 zal een dempende werking hebben op de spoortrillingen. In figuur 3 is de aandachtszone in oranje weergegeven op een overzicht van de toekomstige situatie.

figuur 3: weergave aandachtszone spoortrillingen (toekomstige situatie)



4.2 Trillingsonderzoek

4.2.1 Uitvoering metingen

In een aaneengesloten periode van 29 augustus tot en met 6 september 2022 hebben trillingsmetingen plaatsgevonden op de projectlocatie. De metingen zijn met drie VIBRA+ meetsystemen van Profound uitgevoerd. In tabel 6 is het meetbereik van dit type trillingsmeter weergegeven.

tabel 6: meetsystemen

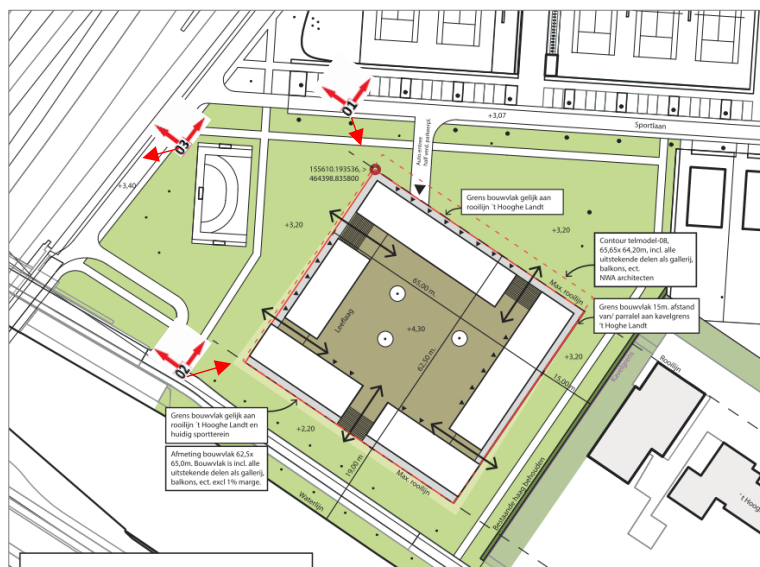
Meetsystemen:	Frequentiebereik (Hz)	Meetbereik (mm/s)	SBR- A*	SBR- B*
Profound - Vibra+	0,8-100	0-100	Voldoet	Voldoet

* 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 (bodentrillingen). De trillingsmeters zijn geïnstalleerd op een betonnen element en onder maaiveld ingegraven. Meetpunt MP01 is op 52 meter en MP02 is op 58 meter afstand tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf geplaatst. De fundering van de toekomstige bebouwing ligt vanaf 61 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)



4.3 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 beide meetlocaties zijn met elkaar vergeleken.

Gedurende de nacht is het aantal trillingen en de hoogte van de trillingsniveaus voor beide meetpunten ruim lager in vergelijking met de overige dagdelen. De gemiddelde trillingsniveaus zijn voor de meetpunten MP01 en MP02 over het algemeen vergelijkbaar.

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

4.5 Beoordeling meetwaarden

De verkregen meetwaarden zijn beoordeeld, waarbij trillingen door stoorbronnen zijn geïdentificeerd en onderbouwd niet zijn meegenomen in de berekeningen. Ter plaatse van de meetpunten MP01 en MP02 zijn weinig trillingen door stoorbronnen geregistreerd. De hoogste waarden van de beide meetpunten zijn beoordeeld. De beoordeling heeft plaatsgevonden over de periode van circa 16:30 uur op 29 augustus tot 13:00 op 9 september 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.

4.6 Correctiefactoren

4.6.1 SBR-richtlijn A, Schade aan bouwwerken

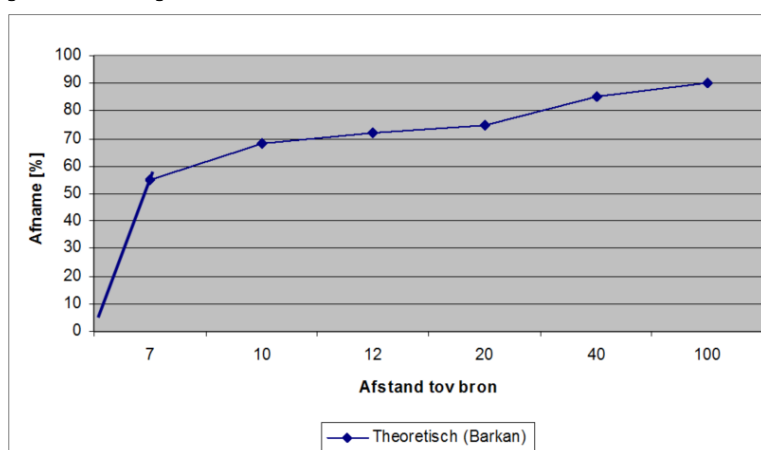
De toetsing aan de grenswaarden uit de SBR richtlijn A wordt worst-case uitgevoerd met de meetwaarden van MP01 en MP02.

4.6.2 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 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



De toetsing dient te worden uitgevoerd op de plaatst binnen het bouwvlak waar de hoogste niveaus van spoortrillingen worden verwacht. Dit betreft het noordoostelijke funderingen van de panden, op circa 61 meter afstand tot het spoor. Aangezien de meetpunten MP01 en MP02 op een kortere afstand tot het spoor zijn geïnstalleerd, dienen de meetwaarden gecorrigeerd te worden voor deze kortere 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: 0,8
- correctiefactor afstand tot het spoor MP02: 0,9
- correctiefactor bodem naar fundering: 0,7
- correctiefactor fundering naar vloer: 1,3

tabel 7: beoordeling hoogste gecorrigeerde meetresultaten

Periode	Meetpunt	$V_{eff,max}$ (bodem)	$V_{eff,max}$ (gecorr)	Tijdstip, datum	Kenmerk	Conclusie
dagperiode	MP02	0,26	0,21	01-09-2022 10:06	komt overeen met treinpassage van goederentrein 45703	waarschijnlijk spoortrillingen
avondperiode	MP01	0,27	0,20	01-09-2022 21:17	komt overeen met treinpassage van goederentrein 49399	waarschijnlijk spoortrillingen
nachtperiode	MP02	0,21	0,17	01-09-2022 00:48	komt overeen met treinpassage van goederentrein 42763	waarschijnlijk spoortrillingen

4.7 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%). In bijlagen 1 en 2 zijn de meetgegevens en de toetsing aan de SBR-A opgenomen.

4.8 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. Hierbij is 'worst-case' uitgegaan van het hoogste trillingsniveau van de drie richtingen per periode.

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	0,21	nee	0,21	0,02	ja	voldoet aan SBR-B
avondperiode	0,20	nee	0,20	0,02	ja	voldoet aan SBR-B
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,2	0,05	-	-
nachtperiode	0,17	nee	0,17	0,01	ja	voldoet aan SBR-B

Uit de bovenstaande toetsing blijkt dat de mate van trillingshinder ter plaatste van het gehele bouwvlak voldoet aan de streefwaarden uit de SBR-B.

De omgerekende $V_{eff,max}$ -waarde valt volgens de SBR-richtlijn Deel B in de categorie 'juist voelbaar tot goed voelbaar'.

5. Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek kan worden geconcludeerd 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 voldoen aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B.

De omgerekende $V_{eff,max}$ -waarden, waarmee de toetsing is uitgevoerd, gelden ook voor de vloeren op de hogere verdiepingen. Deze $V_{eff,max}$ -waarden zijn worst-case berekend waarbij de afname van het trillingsniveau als gevolg van verspreiding en demping tijdens de voortplanting door het gebouw niet zijn meegenomen.

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. Tevens is de berekening uitgevoerd met betonnen vloeren met een maximale overspanning van 7,8 meter. In het ontwerp dient te worden geborgd dat in de nieuwbouw situatie aan de streefwaarden voor $V_{eff,max}$ wordt voldaan. Door het behalen van de in deze rapportage gebruikte dempings- en vergrotingsfactoren wordt aan deze eis voldaan.

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

Dit Rapport is opgesteld in opdracht:

Gemeente Amersfoort
de heer E. Roelofsen
Stadhuisplein 1
3811 LM AMERSFOORT

De Alliantie Ontwikkeling B.V.
de heer G. Vons
Heijdenstraat 36
1221 EJ Hilversum

Projectnummer: 206230
Locatie: Sportpark Liendert te Amersfoort30
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!