

Risico- en kansenanalyse Spoortrillingen

Jacob Geelbuurt te Amsterdam, fase 2 en 3

Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam
de heer K. Vissers
Postbus 2003
1000 CA Amsterdam

Projectnummer: 214102

Versienummer: 1.0

Plaats, datum: Dordrecht, 18 november 2021

Auteur: ing. M. Gerritsen

Controleur: ing. E. van Herk

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 Hinder.....	6
4 Quicksan trillingshinder	8
4.1 Aandachtszone	8
4.1.1 Klachten over spoortrillingen.....	8
4.1.2 Bodemopbouw.....	8
4.1.3 Ligging waterpartijen.....	9
4.1.4 Wissels, overgangsconstructies en ES-lassen.....	9
4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen	9
4.1.6 Locatie- en type bebouwing.....	10
4.1.7 Toekomstige wijzigingen spoor	10
4.2 Resultaat quickscan	10
5 Monitoring trillingsbelasting.....	11
5.1 Uitvoering metingen	11
5.1.1 Vergelijking meetwaarden.....	12
5.1.2 Dominante frequentie	13
5.2 Beoordeling meetwaarden	13
5.2.1 Correctiefactoren.....	15
5.3 Toetsing aan SBR-B	16
6 Conclusie	16

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Gemeente Amsterdam is door BK Bouw- & Milieuadvies B.V. een prognose van de te verwachten trillingsbelasting opgesteld in het kader van gebiedsontwikkeling, locatie Jacob Geelbuurt te Amsterdam, fase 2 en 3.

Doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de risico's en eventuele kans op hinder voor personen door spoortrillingen ter plaatse van de geplande nieuwbouw.

De aanleiding voor het onderzoek is de geplande nieuwbouw en de bijbehorende bestemmingsplanprocedure. Het nieuwbouwplan bestaat uit drie delen, dit onderzoek richt zich op fase 2 en 3 waarin drie bouwblokken gepland staan. Enkele bouwblokken staan gepland, deels binnen 100 meter vanaf de dichtstbij gelegen spoorstaaf.

1.2 Gegevens

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

1. Door de opdrachtgevers aangeleverde gegevens.
2. Planinformatie Ontwerp bestemmingsplan Jacob Geelbuurt Oost, Fase 2 en 3, Van Riezen & Partners, van 6 augustus 2021.
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 B: Hinder voor personen in gebouwen; meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002.

2 Uitgangspunten

2.1 Huidige situatie

De projectlocatie ligt in het westen van Amsterdam, in de wijk Slotervaart Noord, stadsdeel Nieuw - West. De projectlocatie maakt onderdeel uit van de vernieuwing van het oostelijk deel van de Jacob Geelbuurt.

Ter plaatse van de projectlocatie bevinden zich enkele woonblokken met rondom groenvoorzieningen. De totale oppervlakte van de projectlocatie bedraagt circa 2,1 hectare.

Aan de oostzijde van de projectlocatie bevindt zich een groenstrook, een watergang met verderop de, op een dijktaf gelegen, spoorlijn Amsterdam Lelylaan – Amsterdam Sloterdijk (Ringspoorlijn). Voorbij de spoorlijn liggen de metrolijnen 50 en 51 met verderop de wijk Overtroomse Veld. Ten zuiden van de projectlocatie ligt de Comeniusstraat met aan de overzijde hiervan woningbouw. Ten westen ligt de Jacob Geelstraat met verderop enkele onderwijsinstellingen en woningbouw. Aan de noordzijde van de projectlocatie ligt het plangebied fase 1 met verderop de Hemsterhuisstraat.

De kortste afstand van de grens van de projectlocatie tot aan de meest nabij gelegen spoorbaan bedraagt circa 74 meter. De bestaande bebouwing ligt vanaf 80 meter tot de meest nabij gelegen spoorstaaf.

In figuur 1 is de huidige situatie van de locatie waarop voorliggend onderzoek betrekking heeft met een blauw kader weergegeven.

figuur 1: overzicht projectlocatie (huidige situatie)



2.2 Herinrichting

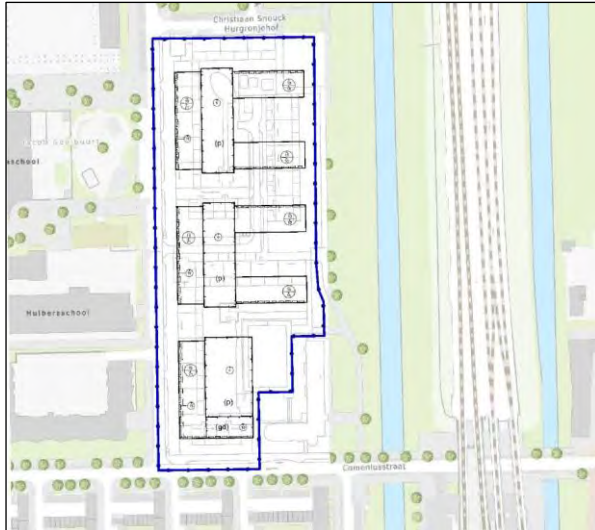
Het ontwikkelgebied Jacob Geelbuurt te Amsterdam, globaal gelegen tussen de Jacob Geelstraat en de Ringspoorlijn, wordt getransformeerd. Het totale vernieuwingsplan fase 1 t/m 3 bestaat uit de realisatie van circa 550 nieuwe woningen. Het voorliggend onderzoek is alleen gericht op fase 2 en 3.

De bouwfasen 2 en 3 voorzien in de bouw van drie blokken van in totaal acht gebouwen. De bouwhoogte varieert van circa 10 tot maximaal 21 meter. In deze fasen zijn in totaal circa 285 woningen voorzien.

Ter plaatse van de twee noordelijke blokken zullen vier gebouwen op een afstand vanaf 81 - 83 meter tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf worden gerealiseerd. Ter plaatse van het zuidelijke blok bedraagt deze kortste afstand 113 meter.

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

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



2.3 Voelbaarheid van (spoor)trillingen

De voelbaarheid van trillingen ter plaatse van de nieuw te bouwen woningen is 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 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 zijn over het algemeen het best 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 verschillen.
- 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, 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 hinder door weg- en railverkeer van bepaalde trillingssterkten beschreven.

tabel 1: gevoelsomschrijving trillingen

Sterkte $V_{\max}$ in mm/s	Hinderkwalificatie
<0,1	geen hinder (gevoelsgrens)
0,1 - 0,2	weinig hinder (bestaande situatie)
0,2 - 0,8	matige hinder
0,8 - 3,2	hinder
>3,2	ernstige hinder

De beleving van trillingen is voor iedereen anders. Uit de praktijk blijkt dat wanneer spoortrillingen optreden sprake is van een zekere mate van 'geaccepteerd' hinder.

3 Eisen, normering en randvoorwaarden

3.1 Hinder

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 :

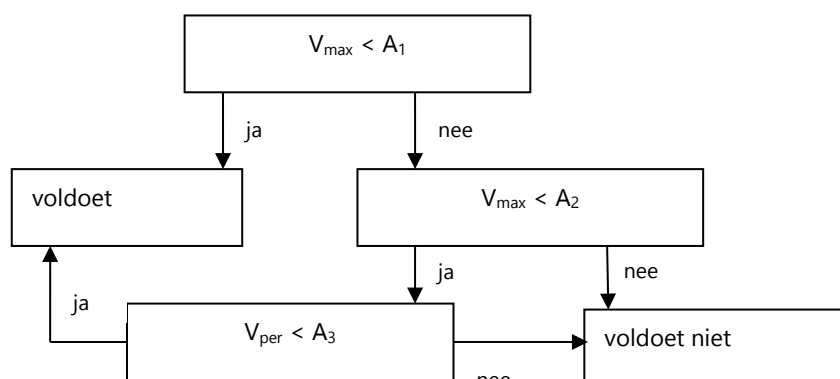
- A_1 is de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$.
- A_2 is de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$.
- A_3 is de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per} .

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 beoordelingsperiodes, 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.

tabel 2: overzicht streefwaarden hinder

Norm	Dag-, avondperiode			Nachtperiode		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
SBR richtlijn B – nieuwe situatie 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 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 Quicksan 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 zal een deel van de circa 285 te realiseren woningen zich binnen de aandachtszone (<100 meter tot aan de meest nabij gelegen spoorstaaf) van de spoorlijn bevinden.

Langs de spoorlijn bevinden zich in de nabije omgeving diverse 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 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.

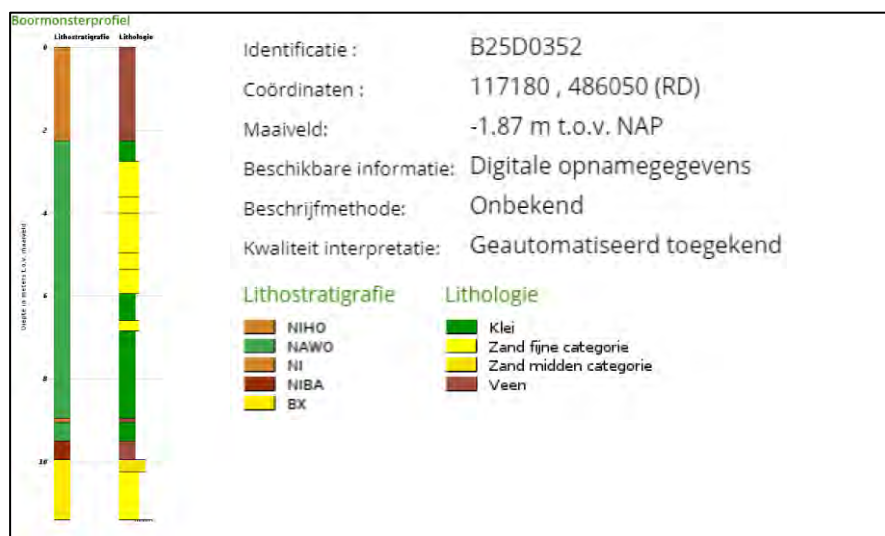
tabel 3: regionale bodemopbouw

Diepte (m -mv)	Geohydrologische eenheid	Geologische formatie	Lithologie
0,0 - 11	watervoerend pakket	Holocene afzettingen	complexe eenheid, bestaande uit een afwisseling van zandige klei, midden en fijn zand, klei en veen en een weinig grof zand
11 - 13	kleiige eenheid	Formatie van Boxtel	kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit zandige klei, midden en fijn zand, met weinig klei, veen en grof zand
13 - 16	watervoerend pakket	Formatie van Boxtel	zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en fijn zand, met weinig zandige klei en grof zand en een spoor klei, veen en grind
16 - 22	kleiige eenheid	Formatie van Kreftenheye	kleiige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit kleiig zand, fijn zand, klei en midden zand, met weinig veen en een spoor grof zand
22 - 36	watervoerend pakket	Eem Formatie	zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden, grof en fijn zand, met weinig kleiig zand en een spoor klei en grind

De lokale bodemopbouw bestaat tot circa 2 m -mv uit veen met hieronder tot circa 10 m -mv afwisselend klei- en zandlagen. Vanaf circa 10 m -mv bevindt zich fijn zand. De lokale bodemopbouw is in het figuur 3 weergegeven. De informatie is afkomstig van Dinoloket (<https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>).

Het maaiveldniveau ligt op circa -0,6 meter ten opzichte van NAP.

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



De aanwezige klei- en veenlaag in de bovengrond zullen een dempende werking op (spoor)trillingen hebben. Trillingen in de bodem zullen zich hierdoor over een minder grote afstand verspreiden dan het geval zou zijn bij een samengepakte zandlaag in de bovengrond. Op basis van de bodemopbouw is er geen aanleiding tot het vergroten van de aandachtszone.

4.1.3 Ligging waterpartijen

Tussen de projectlocatie en de spoorlijnen is een watergang aanwezig. Deze watergang blijft in de toekomstige situatie gehandhaafd. De breedte van de watergang varieert ter hoogte van de projectlocatie van 10 tot 15 meter. De diepte van de watergang is niet bekend.

Gezien de ligging van de watergang ten opzichte van het projectlocatie 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

Ten noordoosten van de projectlocatie bevindt zich op circa 170 meter van de geplande nieuwbouw een spoorviaduct over de Hemsterhuisstraat. Ten oosten van de locatie bevinden zich, gezien vanaf de projectlocatie, voorbij de spoorlijn in totaal drie wissels in de aanwezige metrobaan.

Ten zuidoosten van de projectlocatie bevindt zich circa 110 meter afstand van de geplande nieuwbouw het spoorviaduct over de Comeniusstraat met verderop langs de spoorlijn station Lelylaan.

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

De aanwezigheid van wissels, overgangsconstructies en ES-lassen veroorzaken een variatie in de dynamische belasting van de spoorbaan wat trillingen tot gevolg kan hebben. Aan de zuidoostzijde van de projectlocatie is een verhoging van de trillingsniveaus door het spoorviaduct over de Comeniusstraat niet uit te sluiten.

4.1.5 Verkeersgegevens spoorwegen

Ten oosten van het ontwikkelgebied ligt de Ringspoorbaan, een spoorlijn om de stad Amsterdam. Deze spoorbaan vormt de verbinding tussen Amsterdam Lelylaan en Amsterdam Sloterdijk.

De reizigerstreinen betreffen voornamelijk sprinters, intercity's, intercity's direct (HSN) en Thalys. De sprinters en de intercity's direct rijden in de dag- en avondperiode respectievelijk circa vijf en vier keer per uur in beide richtingen. Tijdens de nachtperiode is de frequentie lager. De intercity's rijden alleen in de nachtperiode.

In de tabellen 4 en 5 zijn overzichten opgenomen van het aantal treinpassages over spoortrace langs de projectlocatie gedurende een week. Tevens is het type treinverkeer aangegeven.

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

Dag	Reizigersvervoer					Overig	
	IC	Spinter	Eurostar	HSL nationaal	Thalys	Leeg materieel	Video Schouwtrein
zaterdag	11	223	2	156	12	4	0
zondag	11	210	2	125	18	11	0
maandag	10	227	2	149	19	6	2
dinsdag	10	232	2	157	18	2	0
woensdag	0	221	2	164	21	8	0
donderdag	10	169	2	103	21	7	0
vrijdag	10	219	2	154	21	9	0

tabel 5: overzicht treinverkeer in gemiddelde aantallen en type treinen per uur

Beoordelingsperiode	Reizigersvervoer, aantal treinen per uur					Overig, aantal treinen per uur	
	IC	Spinter	Eurostar	HSL nationaal	Thalys	Leeg materieel	Video Schouwtrein
dagperiode (07:00 tot 19:00 uur)	0,0	11,4	0,2	8,8	1,2	0,2	0,0
avondperiode (19:00 tot 23:00 uur)	0,2	10,7	0,0	7,6	0,8	0,2	0,0
nachtperiode (23:00 tot 07:00 uur)	1,0	4,6	0,0	1,1	0,1	0,5	0,0

De gegevens uit tabel 4 en 5 zijn opgevraagd bij ProRail, afdeling publieksvoorlichting.

Op basis van het overzicht vindt op het traject hoofdzakelijk personenvervoer plaats. Tevens blijkt dat er geen goederenvervoer plaatsvindt. 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 Locatie- en type bebouwing

In de toekomstige situatie zijn op de projectlocatie drie blokken van in totaal acht gebouwen gepland. Vier gebouwen vallen voor een gedeelte binnen de aandachtszone. Deze vier gebouwen hebben een afmeting van 40 bij 15 meter en staan haaks op de spoorbaan. De minimale hoogte zal naar verwachting 15 meter zijn. Gezien de bodemopbouw wordt aangenomen dat de gebouwen worden onderheid.

Gezien de omvang van de gebouwen kan uitgegaan worden van zware betonnen constructies op palen. Deze constructies zijn over het algemeen minder gevoelig voor bodemtrillingen.

4.1.7 Toekomstige wijzigingen spoor

Ontwikkelingen aan de bron, zoals wijzigingen aan het spoor of van het type treinen dat passeert, kunnen van invloed zijn op het te verwachten trillingsbeeld.

Op basis van de informatie op de website van ProRail zijn er in de nabije toekomst geen wijzigingen te verwachten aan het spoor waardoor het treinbeeld en trillingsbeeld kan veranderen.

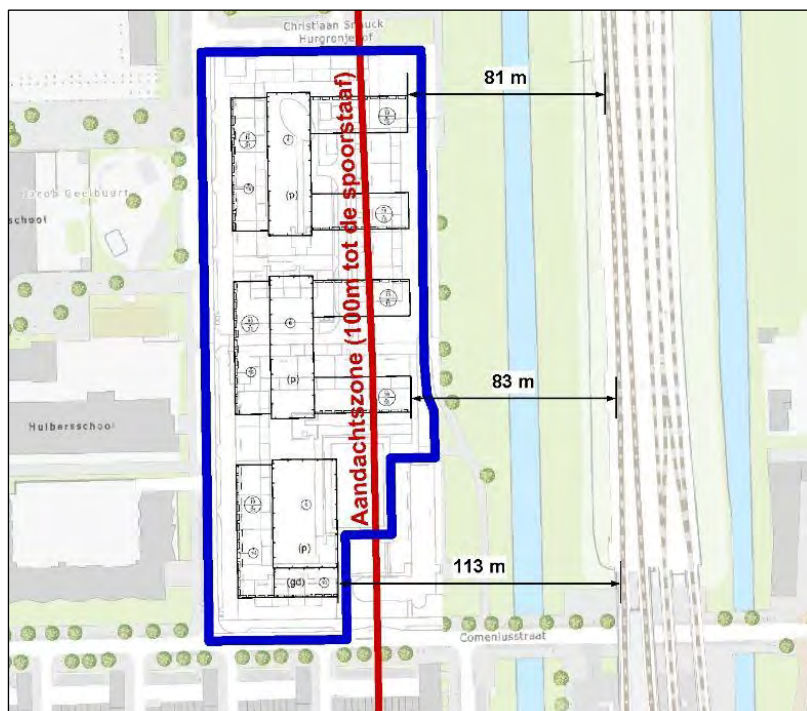
4.2 Resultaat quickscan

De projectlocatie bevindt zich voor een deel binnen de aandachtszone van 100 meter tot de meest nabij gelegen spoorstaaf. In figuur 4 is de aandachtszone voor spoortrillingen op een tekening van de toekomstige situatie weergegeven.

Gezien de lokale bodemopbouw, de aanwezigheid van een watergang tussen de projectlocatie en de spoorbaan, het type treinen wat gebruik maakt van de spoorbaan en de grote bouwvolumes van de geplande nieuwbouw zijn er geen aanwijzingen voor het verwachten van hogere/verhoogde trillingsniveaus ter plaatse van de geplande gebouwen. In verband met aanwezigheid van een overgangsconstructie, door het intensieve gebruik van de spoorlijnen en door de beperkte beschikbaarheid van informatie over trillingsklachten in de omgeving, is enige mate van trillingshinder binnen 100 meter tot de meest nabij gelegen spoorstaaf niet uit te sluiten.

Uit de quickscan wordt geconcludeerd dat ter plaatse van de projectlocatie licht verhoogde trillingsniveaus kunnen voorkomen. Er zijn geen aanwijzingen om de aandachtzone te vergroten.

figuur 4: weergave aandachtszone spoortrillingen (tekening toekomstige situatie)



5 Monitoring trillingsbelasting

Om te onderzoeken of, ter plaatse van de geplande nieuwbouw, sprake kan zijn van verhoogde trillingsniveaus, is een monitoring van de trillingsbelasting uitgevoerd. Hierbij is het trillingsbeeld van de bodemtrillingen vastgelegd ten gevolge van spoortrillingen. Ook zijn trillingen vastgelegd die door een andere oorzaak zijn ontstaan. Deze trillingen zijn zo veel als mogelijk uit de resultaten gefilterd voordat deze zijn geanalyseerd.

5.1 Uitvoering metingen

De trillingsmetingen hebben in een aaneengesloten periode van vrijdag 22 oktober tot maandag 1 november 2021 op de projectlocatie plaatsgevonden. Ter plaatse van de toekomstige funderingslocaties zijn de metingen met drie VIBRA+ meetsystemen van Profound uitgevoerd. Als referentie zijn op korte afstand tot de spoorlijn metingen met één meetsysteem Swarm V2 van Omnidots uitgevoerd.

In tabel 6 is het meetbereik van deze typen trillingsmeters weergegeven.

tabel 6: meetsystemen

Meetsystemen:	Meetpunt	Frequentiebereik (Hz)	Meetbereik (mm/s)	SBR- A*	SBR- B*
Profound - Vibra+	01 t/m 03	0,8-100	0-100	Voldoet	Voldoet
Omnidots - Swarm V2.2c-E	04	0,5-250	0-50	Voldoet	Voldoet

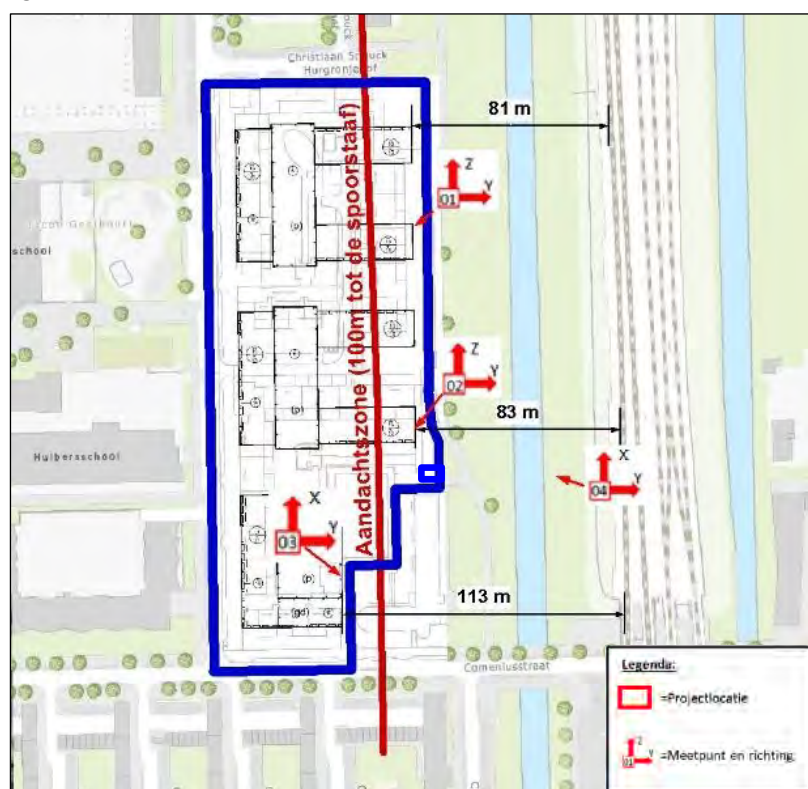
* het meetapparaat voldoet aan de eisen uit hoofdstuk 7 en bijlage 1 van SBR-A respectievelijk hoofdstuk 7 en bijlage 1 van SBR-B

De trillingen zijn op maaiveldniveau (bodemtrillingen) gemeten. De drie trillingsmeters (meetpunt 01 t/m 03), zijn gemonteerd op een betonnen stoeptegels, ingegraven onder maaiveldniveau. Als meetlocatie zijn de toekomstige funderingspunten, het dichtst op het spoor, aangehouden.

Op de projectlocatie is rekening gehouden met de aanwezigheid van (veel) stoortrillingen. Ten noorden van de onderzoekslocatie, ter plaatse van het plangebied fase 1, vonden gedurende de monitoringsperiode sloopwerkzaamheden plaats. Tevens worden stoortrillingen verwacht door de aanwezigheid van verkeersdrempels in de Comeniusstraat en door het intensieve wegverkeer ter plaatse. Om de stoortrillingen gerichter te kunnen identificeren zijn, als referentie, ook op korte afstand tot het spoor bodemtrillingen gemeten (meetpunt 04).

De meetlocaties zijn in figuur 5 op een plattegrond van de toekomstige situatie weergegeven.

figuur 5: overzicht meetlocaties

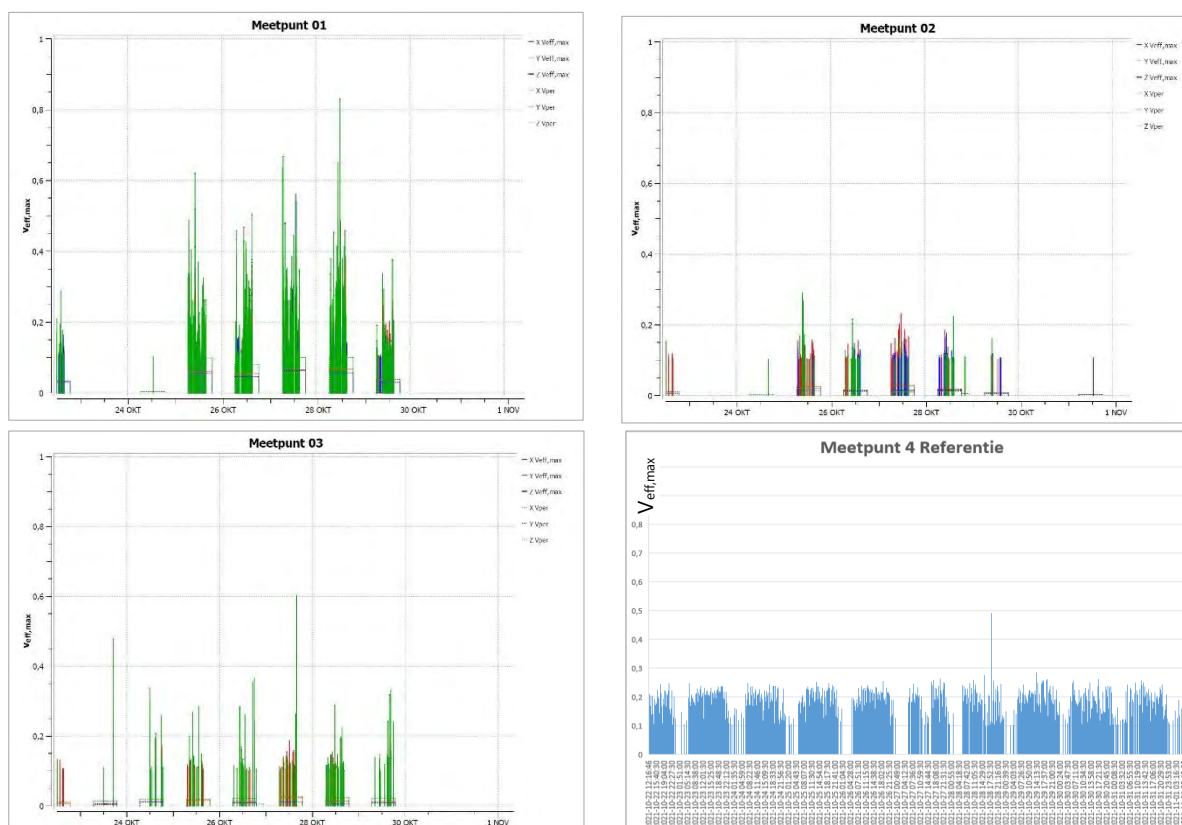


5.1.1 Vergelijking meetwaarden

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 drie meetlocaties en de referentielocatie zijn vergeleken.

In figuur 6 t/m 9 zijn de gemeten trillingsniveaus voor de drie meetlocaties en de referentielocatie in een grafiek weergegeven.

figuur 6 t/m 9: overzicht gemeten $V_{eff,max}$ -waarden



5.1.2 Dominante frequentie

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

Op basis van eerdere metingen vinden de trillingen, veroorzaakt door personentreinen, over het algemeen plaats tussen 5-15 Hz. Goederenvervoer kan trillingen veroorzaken met hogere frequenties.

5.2 Beoordeling meetwaarden

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

De meetresultaten over een periode van negen dagen, van zaterdag 23 oktober vanaf 0:00 uur tot 23:59:50 uur op zondag 31 oktober 2021, zijn beoordeeld. De meetduur voldoet aan de minimale meetduur van één week en is in overeenstemming met de bepalingen uit de richtlijn SBR richtlijn B hinder voor personen in gebouwen en de handreiking nieuwbouw en spoortrillingen.

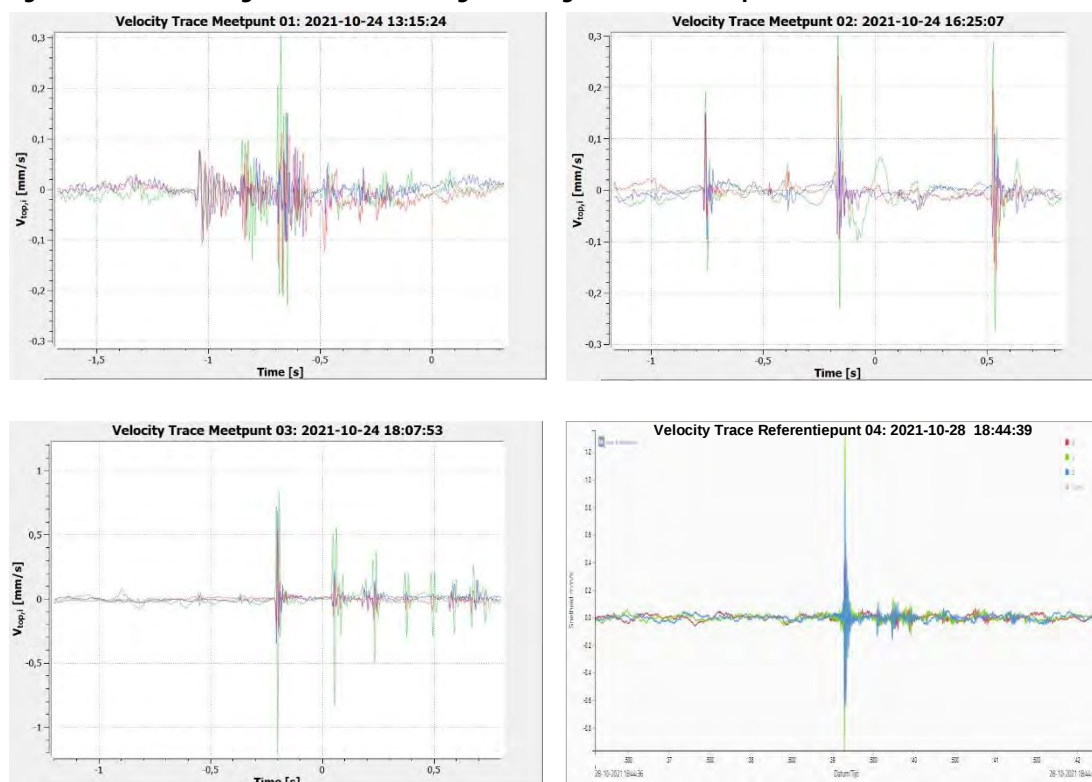
Uit de interpretatie en de vergelijking van de gemeten trillingsniveaus blijkt dat:

- de verhoogde trillingsniveaus hoofdzakelijk gedurende werkdagen tussen 7:00 en 16:00 uur worden vastgelegd. In de weekenden, de avond- en nachtperioden zijn slechts enkele verhoogde trillingsniveaus geregistreerd. De karakteristieken van deze trillingen wijken over het algemeen af van de karakteristieken voor spoortrillingen en hebben een tijdelijke en/of plotseling karakter. De sporadisch gemeten trillingen buiten werktijden worden niet tegelijk op meerdere meetsystemen geregistreerd.
- op het referentiepunt overdag en 's avonds op alle dagen trillingen worden geregistreerd. De gemeten trillingsniveaus zijn onderling globaal vergelijkbaar.
- de trillingsniveaus op het referentiepunt, op zeer korte afstand van het spoor, lager zijn dan de gemeten niveaus in de meetpunten 01 en 03.

Aangenomen kan worden dat de verhoogde trillingsbelasting, welke op werkdagen tussen 7:00 en 16:00 uur zijn vastgelegd, worden veroorzaakt door andere bronnen dan het treinverkeer. De bronnen van deze stoortrillingen betreffen waarschijnlijk de sloopwerkzaamheden ten noorden van de locatie en het wegverkeer over de Comeniusstraat ten zuiden van de locatie. De sporadisch voorkomende hogere trillingsniveaus buiten werktijden zijn eveneens van stoorbronnen afkomstig. Voor het meest zuidelijke meetpunt 03 betreft dit waarschijnlijk het wegverkeer over de Comeniusstraat. Voor de overige twee meetpunten (1 en 2) is de bron van de hogere trillingsniveaus niet bekend.

In figuur 10 t/m 13 zijn enkele geregistreerde trillingskarakteristieken van stoorbronnen als voorbeeld weergegeven.

figuur 10 t/m 13: trillingskarakteristieken hogere trillingsniveaus in meetpunt 01 t/m 04



In het onderstaande overzicht is de beoordeling van de meetresultaten en de identificatie van stoortrillingen en de hoogste trillingsniveaus door railverkeer weergegeven.

tabel 7: beoordeling meetresultaten

Meetpunt	Tijdstip, datum	$V_{eff, max}$ (bodem)	Kenmerk	Conclusie
MP01 MP02 MP03	gedurende dagperiode tijdens werkdagen	vaak voorkomende verhoogde trillingsniveaus	trillingskarakteristieken wijken af van spoortrillingen en/of trillingen worden niet op de referentielocatie gemeten, tijdens deze perioden werden op relatief korte afstand sloopwerkzaamheden uitgevoerd	bron: geen railverkeer, deze metingen zijn daarom niet in de berekening meegenomen.
MP01	24 okt 2021, 13:17	0,10	trillingskarakteristieken komen niet overeen met spoortrillingen	meting is niet in de berekening meegenomen.

tabel 7: beoordeling meetresultaten (vervolg)

Meetpunt	Tijdstip, datum	$V_{eff, max}$ (bodem)	Kenmerk	Conclusie
MP02	24 okt 2021, 16:23 28 okt 2021, 20:52 31 okt 2021, 14:19	0,10 0,11 0,11	trillingskarakteristieken komen niet overeen met spoortrillingen	meting is niet in de berekening meegenomen.
MP03	23 okt 2021, 12:01 23 okt 2021, 17:05 24 okt 2021, 18:58 26 okt 2021, 19:06	0,11 0,48 0,11 0,10	trillingskarakteristieken komen niet overeen met spoortrillingen	meting is niet in de berekening meegenomen.
MP04 (referentie)	28 okt 2021, 18:44	0,48	trillingskarakteristieken wijken af van spoortrillingen	bron: onbekend, geen treinverkeer
MP01	30 okt 2021, 20:39	0,04	hoogste trillingsniveau spoortrillingen MP01	-
MP02	24 okt 2021, 9:58	0,07	hoogste trillingsniveau spoortrillingen MP02	-
MP03	31 okt 2021, 14:37	0,07	hoogste trillingsniveau spoortrillingen MP03	-

5.2.1 Correctiefactoren

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

Bij de overdracht van de grond naar de draagconstructie treedt doorgaans demping van trillingen op. De grootte van de demping is voornamelijk afhankelijk van de mate van stijfheid van de fundering en de grootte/massa 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 opslingering van vloervelden. Deze opslingering 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 trillingsmetingen zijn uitgevoerd ter plaatse waar de spoortrillingen op de fundering van de geplande bebouwing kunnen aangrijpen. De gemeten waarden hoeven daarom niet gecorrigeerd te worden voor bodemdemping.

De dempings- en vergrotingsfactoren berusten grotendeels op praktijkervaringen. Hierbij is gebruik gemaakt 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 $V_{eff, max}$ waarde welke kunnen optreden in de geplande bebouwing is uitgegaan van de volgende waarde en factoren:

- $V_{eff, max}$ maaiveld 0,07 (hoogste trillingsniveau, worst case, trillingen door stoorbronnen zijn buiten beschouwing gelaten)
- correctiefactor bodem naar fundering: 0,7 (uitgaande van stijve fundering)
- correctiefactor fundering naar vloer: 1,4 (uitgaande van betonnen vloeren)

5.3 Toetsing aan 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 berekende waarden voor $V_{\text{eff,max}}$ en V_{per} zijn getoetst aan de streefwaarden conform de SBR-B. In de onderstaande tabel is de toetsing weergegeven.

tabel 8: 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	-	-
dagperiode	0,07	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	voldoet aan SBR-B
avondperiode	0,07	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	voldoet aan SBR-B
streefwaarden SBR-B	0,1	-	0,2	0,05	-	-
nachtperiode	0,07	ja	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	voldoet aan SBR-B

Voor alle beoordelingsperioden (dag-, avond- en nachtperiode) wordt voor de verwachte trillingsbelasting op vloerniveau van de geplande bebouwing voldaan aan streefwaarden uit de SBR-B.

De te verwachten hinderkwalificatie door railverkeer valt in de categorie 'geen hinder'.

6 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 voldoet aan het gestelde in de meet- en beoordelingsrichtlijn SBR-B. De te verwachten trillingsniveaus door railverkeer vallen in de categorie 'geen hinder'.

De berekening is met conservatieve waarden uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met enige mate van onzekerheid.

De omgerekende $V_{\text{eff,max}}$ -waarden, waarmee de toetsing is uitgevoerd, gelden ook voor de vloeren op de hogere verdiepingen. Deze $V_{\text{eff,max}}$ -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.

Bij het bepalen van de correctiefactoren is uitgegaan dat de nieuwbouw wordt voorzien van een stijve fundering op palen. Tevens is de berekening uitgevoerd met betonnen vloeren.

Vervolgonderzoek is niet noodzakelijk.