Witteveen + Bos

Onderzoek spoortrillingen Rijswijk Buiten

Toekomstige woonlocatie

Programmabureau Rijswijk Buiten

30 januari 2019

Project	Onderzoek spoortrillingen Rijswijk Buiten
Opdrachtgever	Programmabureau Rijswijk Buiten
Document	Toekomstige woonlocatie
Status	Definitief 02
Datum	30 januari 2019
Referentie	109369/19-001.504
Projectcode	109369
Projectleider	G.J. Dijkgraaf MSc
Projectdirecteur	ir. F.J. Kaalberg
Auteur(s)	G.J. Dijkgraaf MSc
Gecontroleerd door	ir. F. Besseling
Goedgekeurd door	G.J. Dijkgraaf MSc
Paraaf	

Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. | Deventer
Hoogoorddreef 15
Postbus 12205
1100 AE Amsterdam
+31 (0)20 312 55 55
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

1.1 Aanleiding 5
1.2 Doel 5
1.3 Structuurbeschrijving 5

2 PROJECTBESCHRIJVING 6

2.1 Gebiedsontwikkeling Rijswijk Buiten 6
2.2 Onderzochte velden 6
2.3 Treinverkeer nabij gebiedsontwikkeling 7
2.4 Viersporigheid Rijswijk-Delft Zuid 7

3 AANPAK 8

3.1 Trillingsmetingen 8
3.2 Predictie in toekomstige nieuwbouw 8
3.3 Effect van toekomstige spoorverdubbeling 8
3.4 Toetsingskader SBR-richtlijn deel B 8

4 TRILLINGSMETINGEN 11

4.1 Uitvoering trillingsmetingen 11
4.1.1 Locaties 11
4.1.2 Meetapparatuur 12
4.2 Resultaten meetlocatie 1 13
4.2.1 Maximale trillingsniveau V_{max} 13
4.2.2 Gemiddeld trillingsniveau V_{per} 15
4.3 Resultaten meetlocatie 2 16
4.3.1 Maximale trillingsniveau V_{max} 16
4.3.2 Gemiddeld trillingsniveau V_{per} 18
4.4 Dominante frequenties 19
4.5 Samenvatting 22

5 PREDICTIE TOEKOMSTIGE SITUATIE 23

5.1 Aanpak predictie trillingsniveau in gebouw 23
5.2 Predictie westzijde spoor 24
5.3 Predictie zuidelijk veld, oostzijde spoor 24
5.4 Predictie noordelijk veld, oostzijde spoor 26
5.5 Effect toekomstige viersporigheid 27
5.5.1 Predictie westzijde spoor 27
5.5.2 Predictie zuidelijk veld, oostzijde spoor 27
5.5.3 Predictie noordelijk veld, oostzijde spoor 28
5.6 Samenvatting 29

6 MAATREGELEN 31

7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN 33

7.1 Conclusies 33
7.2 Aanbevelingen 34

8 REFERENTIES 35

Laatste pagina 35

Bijlage(n) Aantal pagina's

I Meetresultaten 4
II Ontwerptekening ontwikkelingslocatie 1

1

INLEIDING

1.1 Aanleiding

Het Programmabureau Rijswijk Buiten werkt in opdracht van de gemeente Rijswijk een uitwerkingsplan uit op basis waarvan woningen nabij de spoorlijn Amsterdam-Rotterdam gebouwd kunnen worden. ProRail heeft een zienswijze ingediend tegen het ontwerpuitwerkingsplan. In het nog vast te stellen uitwerkingsplan is daarom een uitwerkingsregel 6.4 opgenomen waarin staat:

6.4 Specifieke vorm van wonen - trillingen

Ter plaatse van de aanduiding 'Specifieke vorm van wonen - trillingen' geldt dat ten behoeve van het verlenen van een omgevingsvergunning voor de bouw van woningen zoals toegestaan op grond van de bestemmingen genoemd in hoofdstuk 2, nader onderzoek moet worden uitgevoerd naar trillingshinder. Indien uit dat onderzoek blijkt dat niet voldaan kan worden aan de SBR-richtlijn deel B, dan dienen voor de betreffende gebouwen maatregelen te worden genomen teneinde aan de SBR-richtlijn deel B te voldoen.

Witteveen+Bos heeft in opdracht van het Programmabureau onderzoek uitgevoerd om te toetsen of aan de voorwaarden in deze uitwerkingsregel kan worden voldaan.

1.2 Doel

Het doel van het onderzoek is (1) om in kaart te brengen of aan de SBR-richtlijn deel B wordt voldaan en (2) indien dit niet het geval blijkt te zijn, welke aanvullende maatregelen getroffen kunnen worden om hier wel aan te voldoen.

1.3 Structuurbeschrijving

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het project Rijswijk Buiten, waarna in hoofdstuk 3 de aanpak van het onderzoek wordt beschreven. Hoofdstuk 4 bespreekt de uitgevoerde trillingsmetingen waarna een predictie van verwachte niveaus binnen de toekomstige bebouwing wordt besproken in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 gaat in op eventuele mitigerende maatregelen, waarna het rapport afsluit met conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 7.

2

PROJECTBESCHRIJVING

2.1 Gebiedsontwikkeling Rijswijk Buiten

Het ontwikkelingsgebied Rijswijk Buiten is gelegen tussen Delft en Rijswijk. Het gebied is opgedeeld in een aantal velden welke gefaseerd worden ontwikkeld. Afbeelding 2.1 laat, in geel, de in dit onderzoek beschouwde velden zien. De drie velden liggen aan weerszijden van de spoorlijn Amsterdam-Rotterdam.

Afbeelding 2.1 Overzicht onderzoeksgebied (bron: www.ruimtelijkeplannen.nl)

2.2 Onderzochte velden

De onderzochte velden zijn alle aangemerkt als woongebied. Aan de westzijde zijn appartementen geprojecteerd, op een minimale afstand van circa 49 m tot de buitenste spoorstaaf. Aan de andere zijde van het spoor zijn ook appartementen voorzien, op een minimale afstand van circa 20 m.

Ten noorden daarvan, aan de oostzijde van het spoor, zijn grondgebonden woningen en een volkstuinencomplex geprojecteerd op een minimale afstand van circa 33 m. Bijlage II toont een indicatieve ontwerptekening van de locatie, met daarop de minimale afstanden van bebouwing tot het spoor aangegeven.

2.3 Treinverkeer nabij gebiedsontwikkeling

De spoorlijn Amsterdam-Rotterdam wordt intensief bereden. Dagelijks passeren meer dan 200 treinen de ontwikkelingslocatie met snelheden tot 140 km/u.[1] Op circa 1,5 km ten zuiden van het onderzoeksgebied ligt station Delft, op circa 1,5 km ten noorden het station Rijswijk. Een gedeelte van de passerende treinen stopt op deze stations.

2.4 Viersporigheid Rijswijk-Delft Zuid

Binnen het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer wordt het spoor tussen Rijswijk en Delft Zuid uitgebreid van 2 naar 4 sporen. De plannen daarvoor zijn vastgelegd in het Tracébesluit 'PHS viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid', dat op 7 december 2016 is vastgesteld.

Voor de hier onderzochte locatie betekenen deze plannen dat het aantal sporen toeneemt, evenals het aantal passerende treinen. De afstand tot de potentiële bouwlocaties neemt af. De combinatie van deze factoren betekent dat mogelijk de trillingsniveaus toenemen. De paragrafen 3.3 en 5.5 gaan daarom nader in op deze ontwikkeling.

[1] De intensiteiten en snelheden zijn afkomstig uit de opgave van ProRail voor 2016, beschikbaar via https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/uitvoering-kartering/index/uitwisseling/brongegevens-0/.

3

AANPAK

3.1 Trillingsmetingen

Witteveen+Bos heeft een tweetal metingen op de te onderzoeken kavels uitgevoerd. De meetduur bedroeg twee weken, om zodoende een representatief beeld van trillingen als gevolg van treinverkeer te krijgen. Hierbij is ook beoogd dat goederentreinen worden gemeten. Doordat op de locaties van de te bebouwen velden is gemeten, wordt een beeld van het trillingsniveau op maaiveld verkregen ter plaatse van de toekomstige bebouwing.

3.2 Predictie in toekomstige nieuwbouw

Afhankelijk van het type woning, kan het trillingsniveau binnen in de woning verschillen van het niveau op maaiveld. Hierbij speelt de stijfheid van de fundering, alsook de eigenschappen van onder andere de vloeren een rol. Met behulp van de beschikbare gegevens van de ontwerpen van de nieuwbouw, wordt een indicatie gegeven van het verwachte niveau binnenin de woning. Hierbij is gebruik gemaakt van beschikbare literatuur waaronder de CUR 166 [ref. 1] en de Amerikaanse FTA-manual [ref. 2]. Er is geen wettelijk rekenmodel beschikbaar om trillingsniveaus binnen in een woning te berekenen. Vanwege de beperkte ontwerpgegevens is op basis van kengetallen een schatting van gebouwoverdrachten gemaakt. Voor een uitvoerige analyse van een specifiek ontwerp kan een eindige-elementenmodel worden opgezet. Een eindige-elementenmodel valt buiten dit onderzoek.

3.3 Effect van toekomstige spoorverdubbeling

In de predictie zoals hierboven beschreven nemen we ook het effect op van de toekomstige spoorverdubbeling bij de te onderzoeken kavels. Daarvoor wordt aangesloten bij de methodiek zoals die is gehanteerd in het 'deelonderzoek Trillingen en Laagfrequent geluid' (hierna: het deelonderzoek), dat als bijlage bij het Tracébesluit is gevoegd. Dit betekent concreet het volgende:

- dat op grond van de plankaarten bij het Tracébesluit de gewijzigde afstand tot het nieuwe spoor is bepaald. Het spoor wordt symmetrisch verbreed, aan beide zijden komt het buitenste spoor circa 6,9 meter naar buiten te liggen;
- dat voor de toename in het gemiddelde trillingsniveau V_{per} wordt uitgegaan van de maatgevende toename zoals berekend in het deelonderzoek, namelijk 10 %.

Daarnaast gaan we ervan uit dat de wijziging in de spoorconstructie, uitgaande van gelijke afstand tot het spoor, niet leidt tot andere gemeten trillingsniveaus.

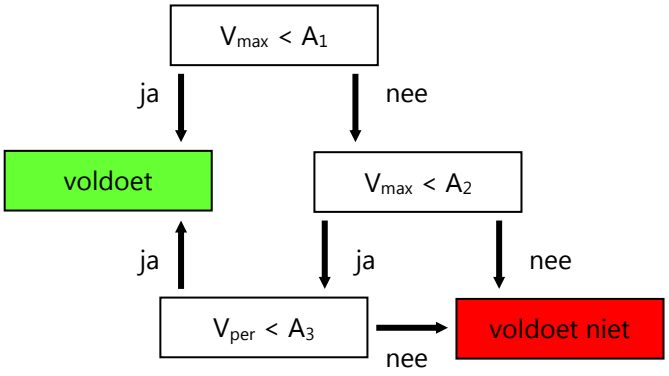
3.4 Toetsingskader SBR-richtlijn deel B

De SBR-richtlijn deel B [ref. 2] wordt als toetsingscriterium gehanteerd. De richtlijn kent een tweetal toetsingsgrootheden, namelijk V_{max} en V_{per}. V_{max} betreft het maximaal optredende trillingsniveau, terwijl V_{per}

een periodiek gemiddelde betreft. Met V_{max} wordt de maatgevende trein getoetst, met V_{per} hoe vaak treinen langskomen. Als te toetsen situatie wordt de situatie met toekomstige nieuwbouw gehanteerd.

Afbeelding 3.1 toont de toetsingsprocedure conform de richtlijn. In eerste instantie wordt het maximale trillingsniveau V_{max} getoetst aan de onderste streefsnelheid A_1. Wanneer V_{max} een lagere waarde heeft, wordt voldaan aan de richtlijn. Voor een hogere waarde wordt V_{max} getoetst aan A_2, de bovenste streefwaarde. Hiernaast moet het periodiek (of gemiddelde) trillingsniveau V_{per} afgeleid worden, een waarde waarin het aantal maal van voorkomen van het trillingssignaal in rekening gebracht is. Alleen wanneer V_{max} kleiner is dan A_2 en V_{per} kleiner dan A_3, wordt voldaan aan de SBR-richtlijn. De streefwaarden worden in tabel 3.1 gegeven.

Afbeelding 3.1 Toetsingsschema trillingshinder volgens SBR deel B Hinder voor personen in gebouwen



Tabel 3.1. Streefwaarden (V_{max} en V_{per}) voor continue trillingen, voor zowel nieuwe als bestaande situaties volgens SBR-richtlijn B

Gebouwfunctie	**Dag en avond**			**Nacht**		
	A_1	**A_2**	**A_3**	**A_1**	**A_2**	**A_3**
gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
wonen	**0.1**	**0.4**	**0.05**	**0.1**	**0.2**	**0.05**
onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
bijeenkomst	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

4

TRILLINGSMETINGEN

4.1 Uitvoering trillingsmetingen

Tussen donderdag 6 september 2018 en donderdag 20 september 2018 zijn op twee locaties trillingsmetingen uitgevoerd net onder maaiveld. De twee locaties waar de meter zijn geplaatst zijn zo gekozen, dat deze op een representatieve afstand van het spoor liggen.

4.1.1 Locaties

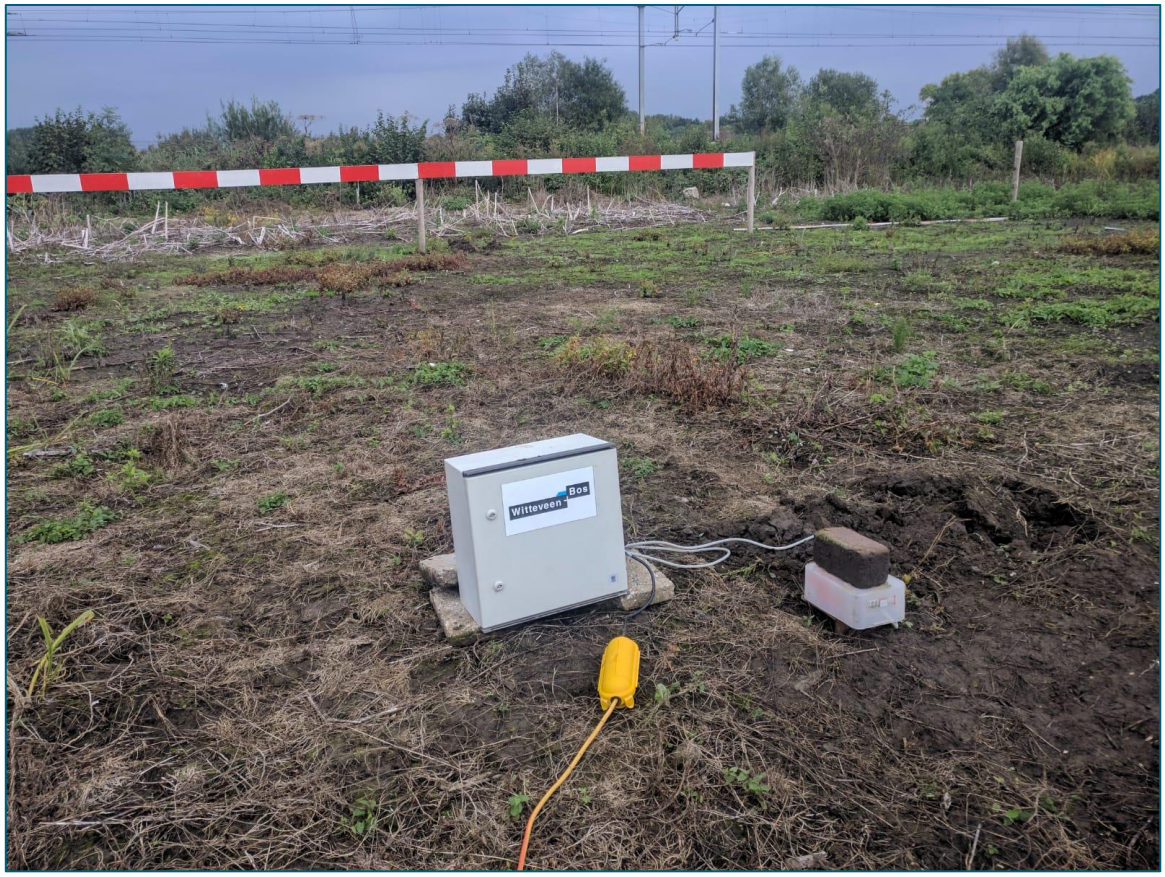
Afbeelding 4.1 toont de twee locaties waar de meters zijn geplaatst. De locatie van de meter aan de westzijde ligt op 36 m afstand van de buitenste spoorstaaf, terwijl de locatie van de meter aan de oostelijke zijde op 30 m van de buitenste spoorstaaf ligt.

Afbeelding 4.1 Overzicht meetlocaties

Om te waarborgen dat trillingen als gevolg van treinverkeer - welke zich door de ondergrond voorplanten - voldoende nauwkeurig worden gemeten zijn de opnemers aan een stalen pen bevestigd, welke in de grond is geslagen.

Hiermee wordt gewaarborgd, dat de beweging van het grondpakket wordt gemeten en niet enkel de bovenste decimeters grond, welke mogelijk een verstoord beeld kunnen geven. Afbeelding 4.2 laat één van de meetopstellingen zien.

Afbeelding 4.2 Meetopstelling



4.1.2 Meetapparatuur

Bij de metingen is gebruik gemaakt van Syscom MR3000TR-meetsystemen. Deze systemen zijn speciaal ontworpen om trillingen veroorzaakt door railverkeer goed te kunnen meten. De systemen voeren trillingsmetingen uit conform de SBR-richtlijn, zodat uit het gemeten trillingsignaal direct de $V_{eff,max}$-waarde wordt bepaald. Het is echter ook mogelijk om tracés[1] op te slaan. Voor elke treinpassage is de tracé opgeslagen.

[1] Een tracé is een rechtstreekse opname van het trillingssignaal met een hoge sampledichtheid (1.000 Hz).

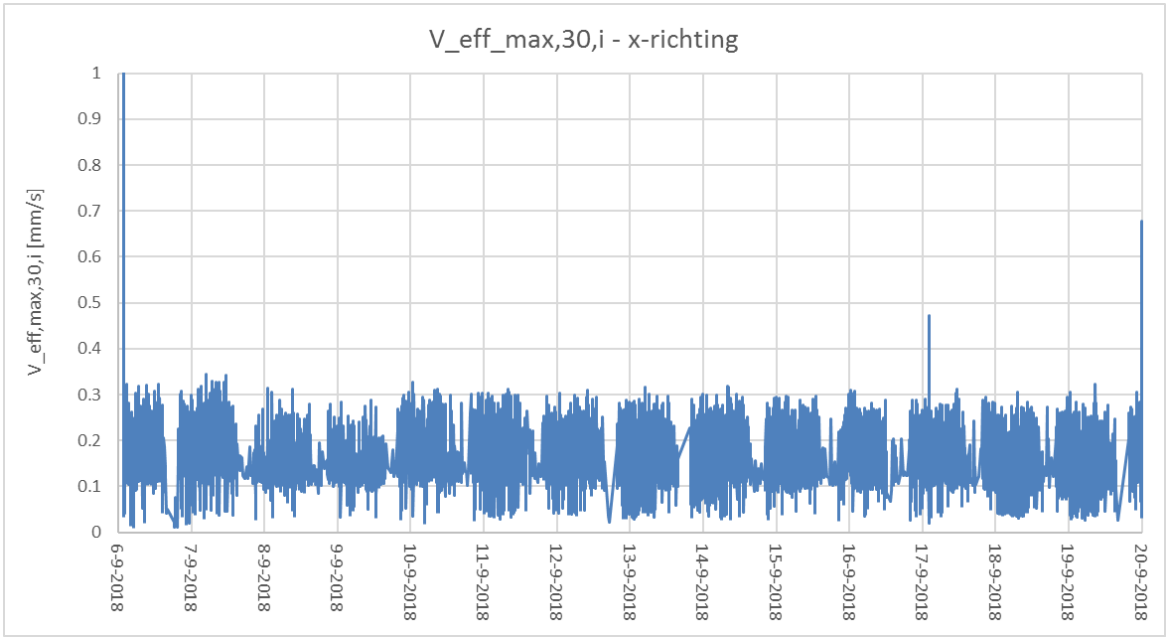
4.2 Resultaten meetlocatie 1

De meetresultaten ter plaatse van meetlocatie 1 worden in deze paragraaf besproken. Conform de toetsing volgens de SBR-richtlijn deel B (zie paragraaf 3.3) zijn zowel V_{max}-niveaus als V_{per}-niveaus bepaald. Als eerste wordt ingegaan op de meetresultaten van V_{max}, vervolgens wordt ingegaan op de V_{per}-waarden.

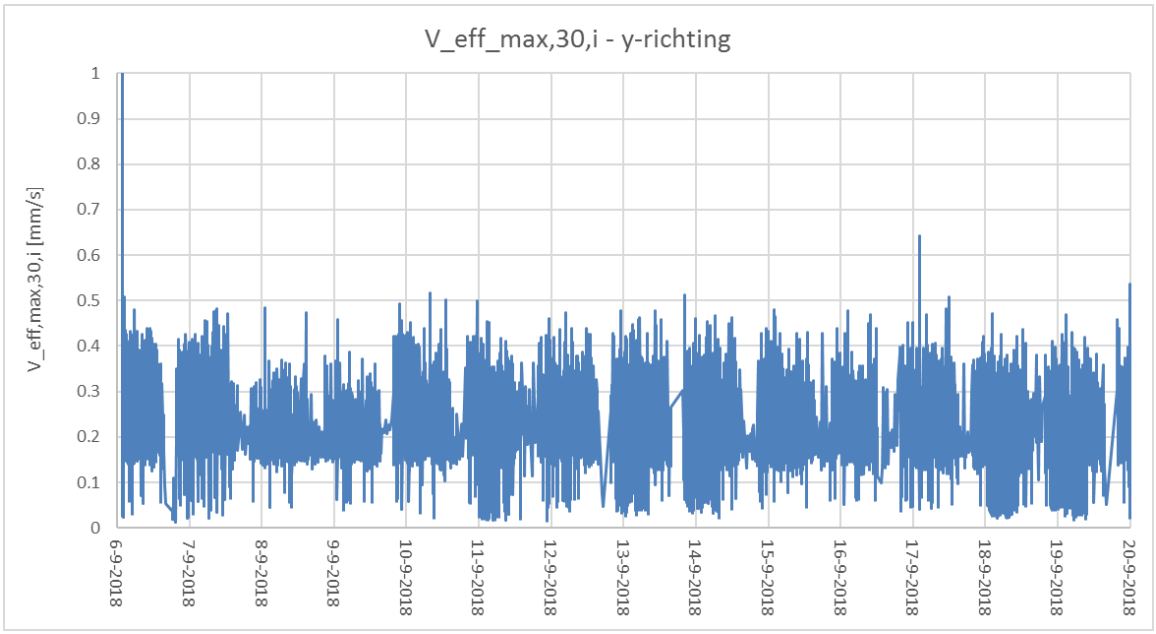
4.2.1 Maximale trillingsniveau V_{max}

Afbeelding 4.3, afbeelding 4.4 en afbeelding 4.5 geeft de gemeten maximale niveaus per passage ($V_{eff,max,30,i}$) weer over de gehele meetperiode. De extreme waarden die zijn geregistreerd bij plaatsing zijn genegeerd in verdere analyses. Uit de afbeelding volgt dat de horizontale y-richting gemiddeld genomen de hoogste niveaus laat zien. $V_{eff,max,30,i}$ waarden oplopend tot 0,4 mm/s zijn voor deze locatie geen uitzondering voor de horizontale y-richting. Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ waarden voor de x- en z-richting zijn typische lager. Extreme waarden voor de z-richting liggen wel rond hetzelfde niveau als voor de horizontale y-richting.

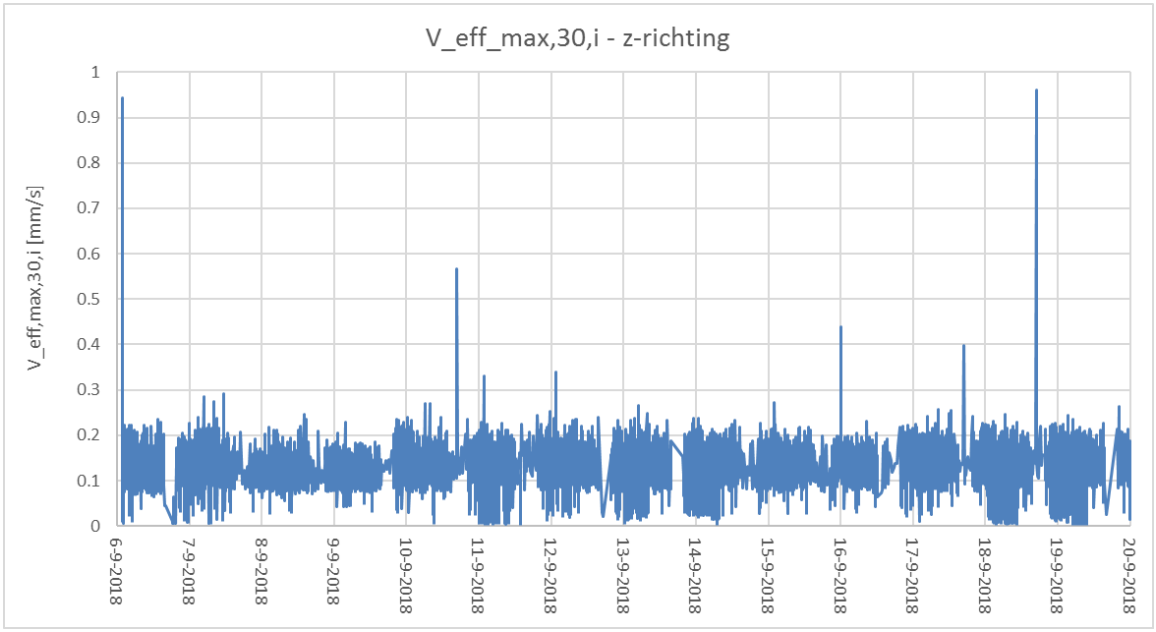
Afbeelding 4.3 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in x-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 1



Afbeelding 4.4 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in y-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 1



Afbeelding 4.5 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in z-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 1



De SBR-richtlijn deel B stelt in paragraaf 9.6 een statistische benadering voor op basis van de hoogst gemeten waarden. De benadering geeft een toetsingsniveau gebaseerd op basis van een statistische benadering welke enigszins vergelijkbaar is met de methodiek welke binnen tracébesluiten specifiek voor spoor dient te worden toegepast. Ter vergelijk worden in tabel 4.1 de maximaal gemeten niveaus en ook de statistische $V_{eff,max,stat}$[1] gepresenteerd. De hoogst gemeten niveaus en de statistische benadering tonen vergelijkbare niveaus. Zie bijlage I voor een nadere uitwerking.

[1] Bepaald op basis van de 15 hoogste waarden. Zie bijlage I.

Tabel 4.1 Meetresultaten locatie 1

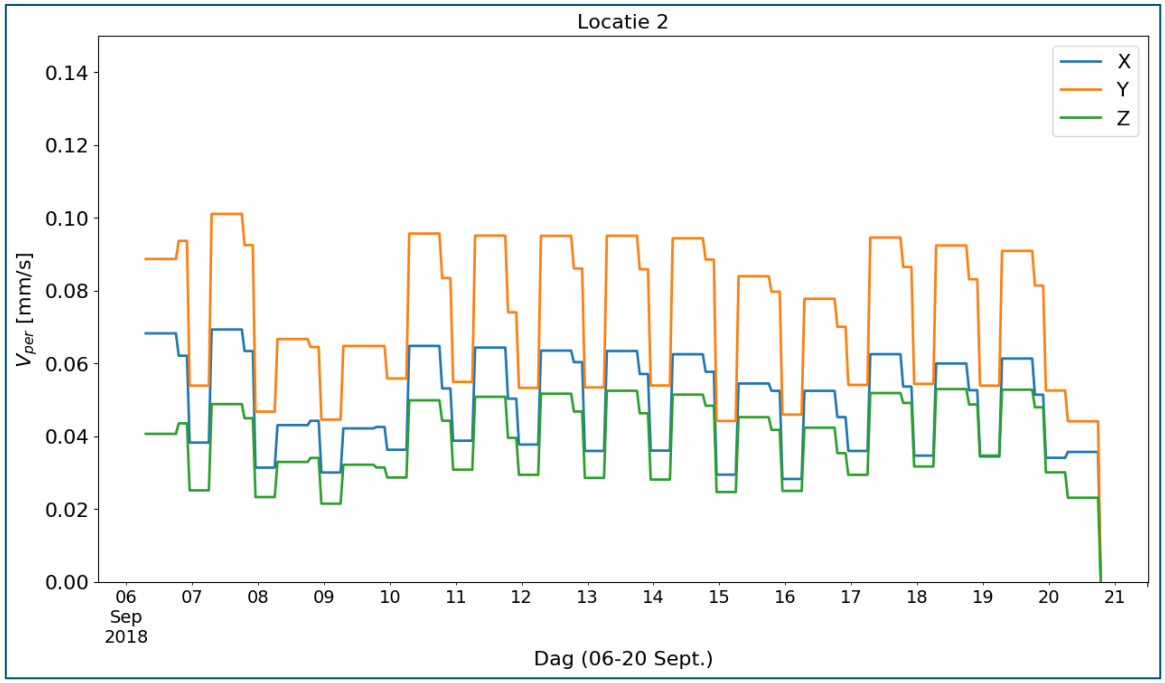
Meetrichting	Maximaal gemeten $V_{eff,max}$	$V_{eff,max,stat}$
X	0,32	0,32
Y	0,46	0,46
Z	0,51	0,43

4.2.2 Gemiddeld trillingsniveau V_{per}

De gemeten V_{per}-niveaus worden getoond in afbeelding 4.6. De resultaten komen overeen met het beeld verkregen op basis van de grafische weergave van de trillingsniveaus over de totale meetduur, namelijk dat de horizontale y-richting typisch hogere niveaus laat zien dan de verticale richting.

Tabel 4.2 geeft de maximale niveaus per richting weer, waarbij eveneens de maatgevende periode wordt gegeven. In horizontale y-richting is het hoogste niveau opgetreden met een waarde van 0,10. In verticale richting het laagste niveau met een waarde van 0,05.

Afbeelding 4.6 Gemeten V_{per}-niveaus per periode (dag, avond en nacht) gedurende de gehele meetperiode alle drie de richtingen voor locatie 1



Tabel 4.2 Meetresultaten V_{per} voor locatie 1

Meetrichting	Vper	Maatgevende periode
X	0,07	dag
Y	0,10	dag
Z	0,05	dag

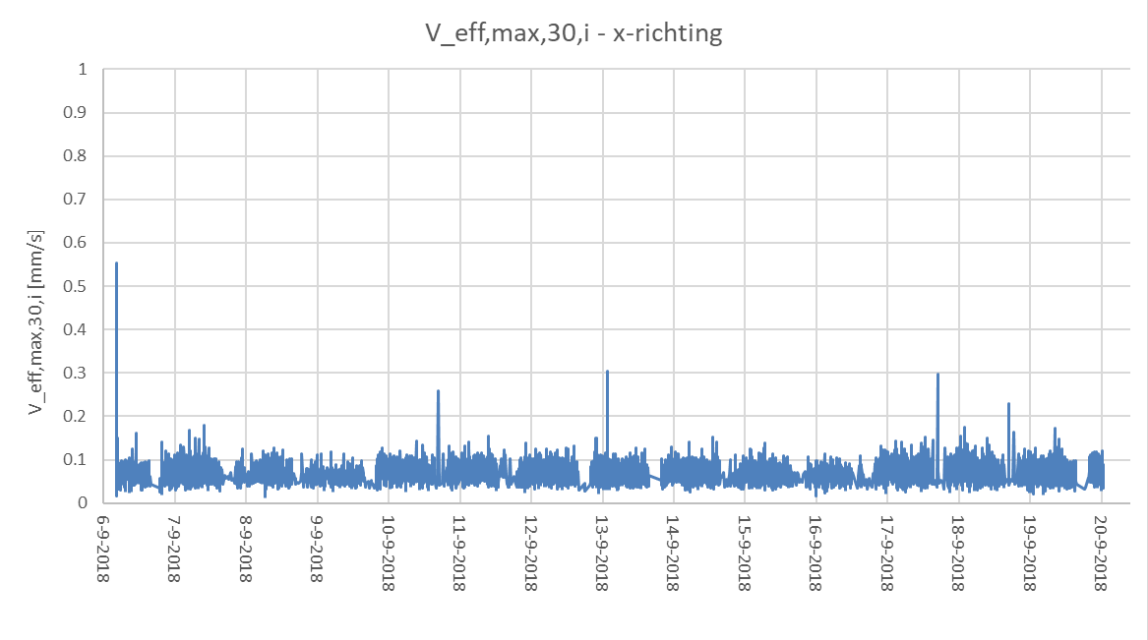
4.3 Resultaten meetlocatie 2

De meetresultaten ter plaatse van meetlocatie 2 worden in deze paragraaf besproken. Gelijk aan de resultaten van meetlocatie 1, wordt eerst ingegaan op het maximaal gemeten trillingsniveau V_{max}, waarna ingegaan wordt op het periodieke trillingsniveau V_{per}.

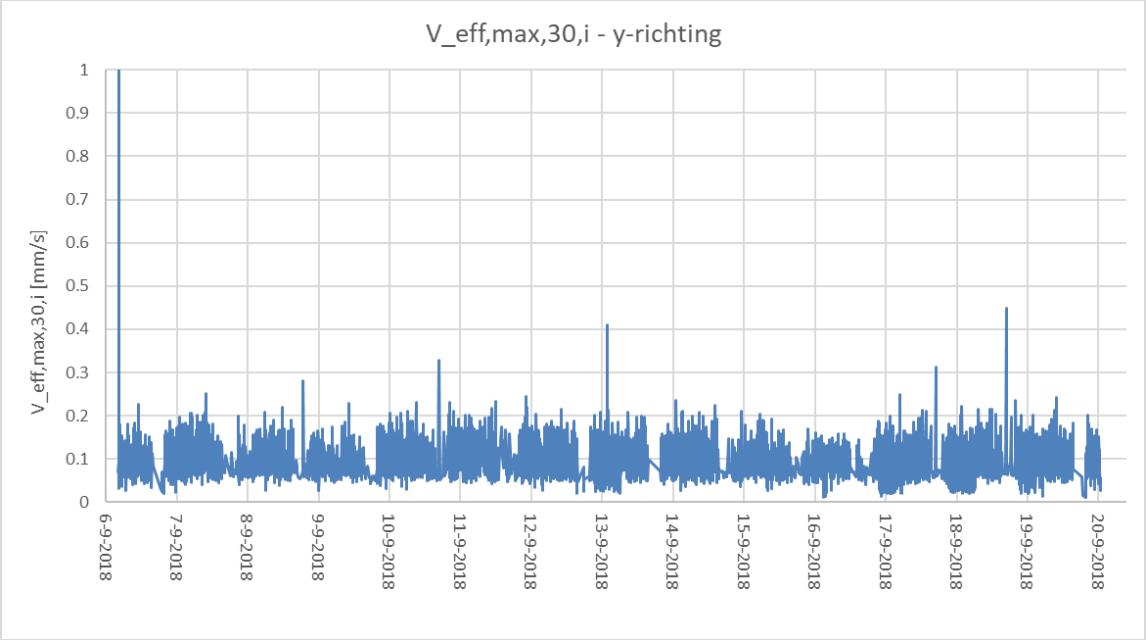
4.3.1 Maximale trillingsniveau V_{max}

In Afbeelding 4.7, afbeelding 4.8 en afbeelding 4.9 worden de gemeten maximale trillingsniveaus per 30 seconden ($V_{eff,max,30,i}$) over de gehele meetperiode weergegeven. Uit de afbeeldingen blijkt, dat de niveaus in de horizontale y-richting en de verticale richting ter plaatse van meetlocatie 2 typisch de hoogste niveaus tonen. Wordt gekeken naar de maximaal gemeten niveaus (tabel 4.3), dan blijkt dat in horizontale y-richting en de verticale richting de niveaus qua ordegrootte een factor 1,5-1,6 hoger liggen dan in horizontale x-richting.

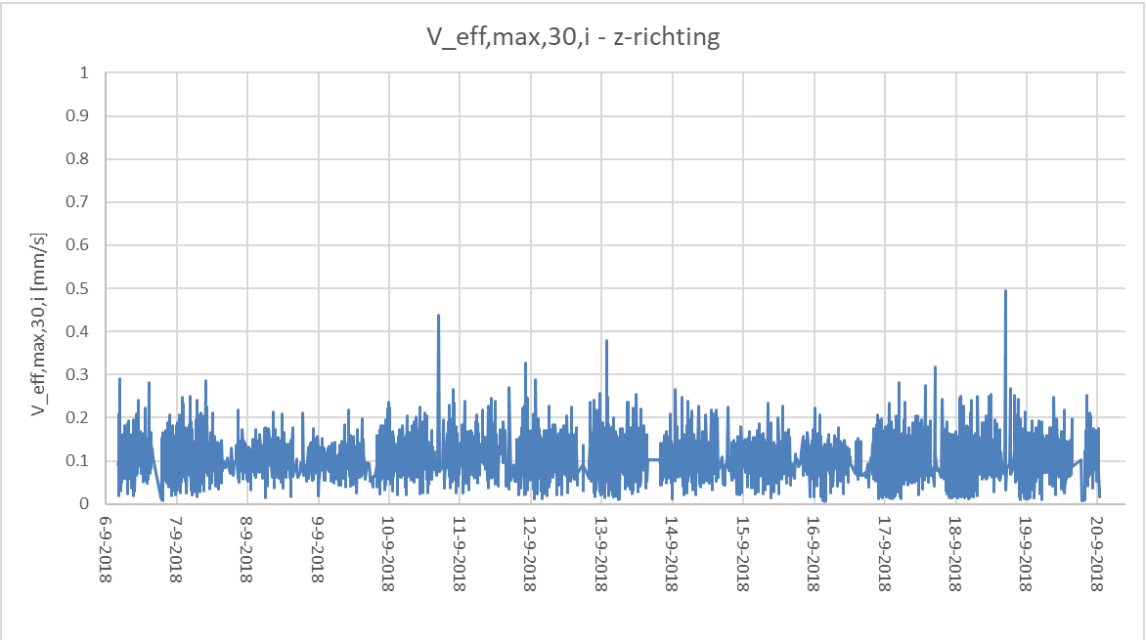
Afbeelding 4.7 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in x-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 2



Afbeelding 4.8 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in y-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 2



Afbeelding 4.9 Gemeten $V_{eff,max,30,i}$ in z-richting, niveaus gedurende de gehele meetperiode voor locatie 2



Meetlocatie 1 ligt op 36 m afstand van de buitenste spoorstaaf. Meetlocatie 2 ligt op 30 m afstand van de buitenste spoorstaaf. Wat opvalt is dat trillingsniveaus gemeten op meetlocatie 1 structureel hoger zijn dan op meetlocatie 2. Gezien de grotere afstand tot het spoor was dit vooraf niet de verwachting. Daarnaast geldt dat de trillingsniveaus in horizontale x-richting op beide locaties fors lager zijn dan de trillingsniveaus in de andere richtingen. Tegelijkertijd is voor meetlocatie 1 in tegenstelling tot voor meetlocatie 2 het gemiddelde trillingsniveau in de horizontale y-richting significant hoger dan in de verticale richting.

Wordt enkel het verticale trillingsniveau vergeleken, dan blijkt het trillingsniveau ter plaatse van meetlocatie 1 slecht beperkt hoger te liggen.

De grootste verschillen worden voor de horizontale richting geobserveerd. De oorzaak hiervan is mogelijk dat de wissel in het spoor ter plaatse van meetlocatie 1 invloed heeft en/of de treinsnelheden iets hoger liggen.

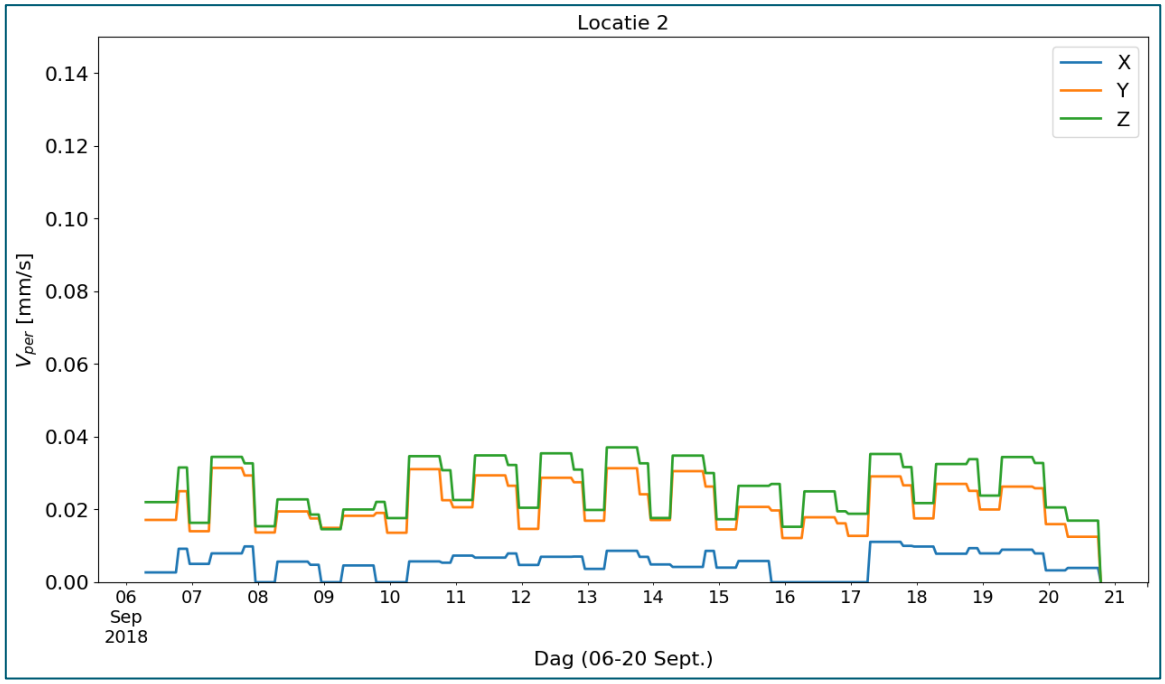
Tabel 4.3 Meetresultaten locatie 2

Meetrichting	Maximaal gemeten $V_{eff,max}$	$V_{eff,max,stat}$
X	0,23	0,23
Y	0,35	0,33
Z	0,32	0,32

4.3.2 Gemiddeld trillingsniveau V_{per}

Afbeelding 4.10 geeft de gemeten V_{per}-niveaus over de gehele meetperiode weer. Tabel 4.4 geeft het hoogst gemeten niveau per richting getalsmatig weer. De niveaus in verticale richting blijken het hoogst, waarbij het maximaal gemeten niveau van V_{per} 0,1 bedraagt. In horizontale richting liggen de niveaus iets lager waarbij de x-richting iets hogere niveaus laat zien dan de y-richting.

Afbeelding 4.10 Gemeten V_{per}-niveaus per periode (dag, avond en nacht) gedurende de gehele meetperiode alle drie de richtingen voor locatie 2



Tabel 4.4 Meetresultaten Vper locatie 2

Meetrichting	V_{per}	Maatgevende periode
X	0,01	dag
Y	0,03	dag
Z	0,04	dag

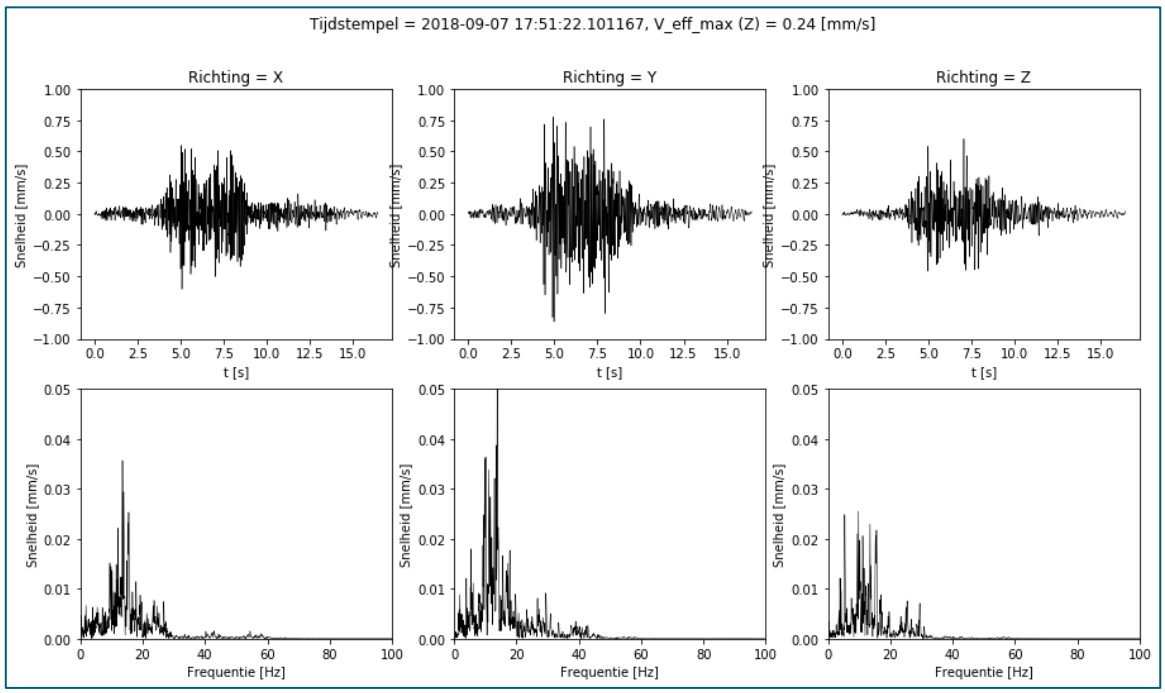
4.4 Dominante frequenties

De trillingsmetingen op beide locaties laten een verschillend beeld zien. Om nader te bepalen wat de eigenschappen van de trillingssignalen op locaties zijn, is gekeken naar de frequentie-inhoud. Bij trillingssignalen als gevolg van treinverkeer blijkt dat er vrijwel altijd een breder spectrum aan frequenties wordt gevonden wanneer naar de frequentie-inhoud wordt gekeken. Dit komt doordat bij een passerende trein een aantal mechanismen tot trillingen met verschillende frequenties leidt (waaronder beweging van de trein zelf, dynamische belasting door de wielruwheid, dynamische belasting door de baanonregelmatigheid en de baanstijfheid, etc.). Hierdoor toont een spectrum van een treinpassage vrijwel altijd meerdere pieken. Een dergelijk patroon wordt duidelijk teruggevonden in de signalen voor beide meetlocaties.

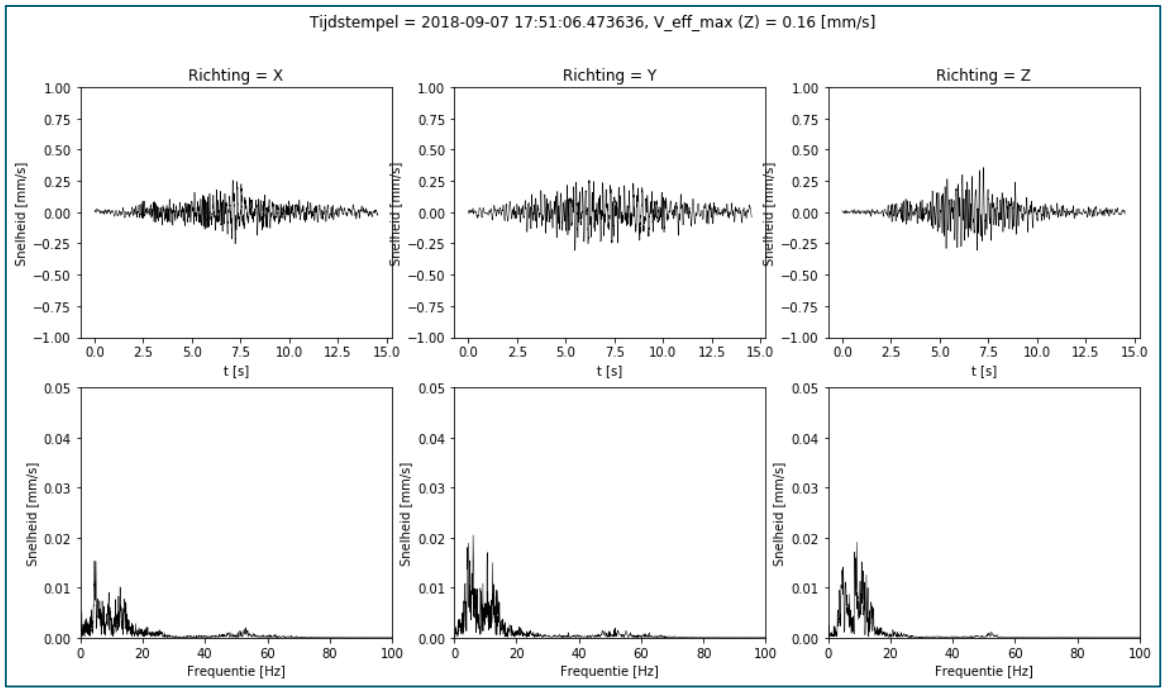
In afbeelding 4.11 tot en met afbeelding 4.14 worden voor beide locaties de gemeten signalen getoond voor een tweetal (willekeurig gekozen) treinpassages. Gelet op de tijdsduur van de signalen is de eerste passage waarschijnlijk een reizigerstrein en de tweede passage een goederentrein.

Analyse van de frequentiespectra laat dezelfde verschillen in amplitude voor de verschillende richtingen zien als de eerdere analyse van V_{max} en V_{per}. Daarnaast valt op basis van de frequentiespectra op dat op meetlocatie 2 een smaller frequentiespectrum wordt gemeten. Nagenoeg alle frequentie inhoud van de signalen valt hier beneden 20 Hz met voor sommige passages nog wat frequentie inhoud rond 60 Hz. Voor meetlocatie 1 valt de echte piek van het frequentiespectrum ook tussen 0 en 20 Hz, maar wordt duidelijk meer frequentie inhoud tot en met 40 Hz geobserveerd.

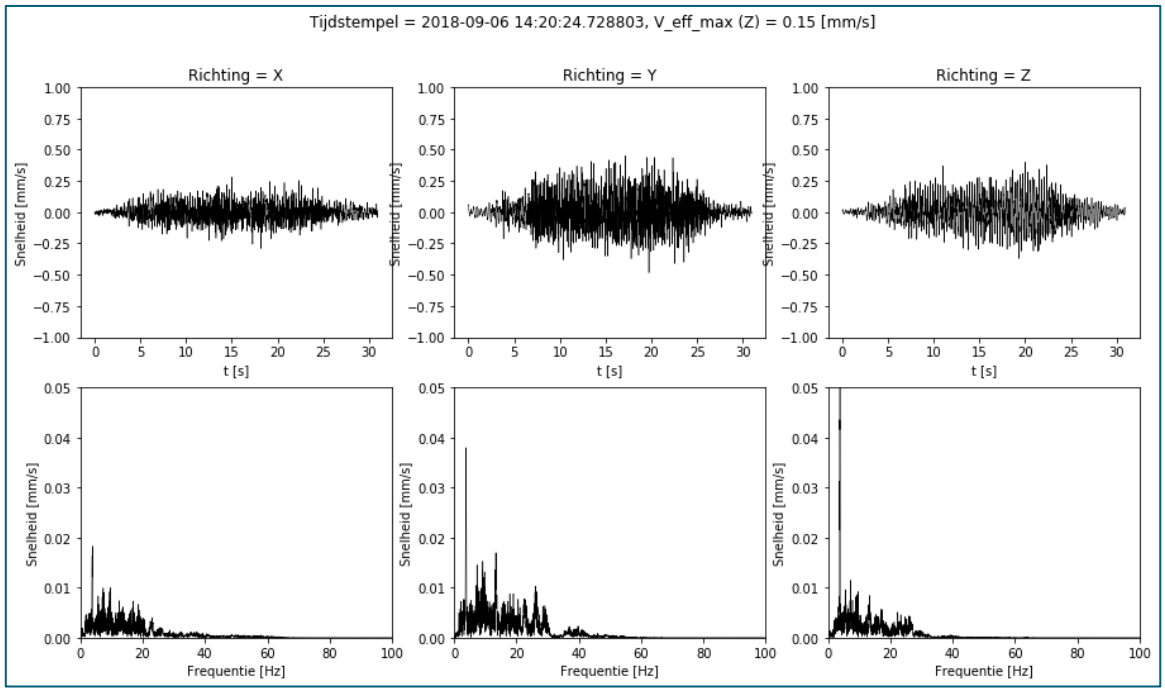
Afbeelding 4.11 Gemeten signalen meetlocatie 1 voor passage 2018-09-07 - 17:51



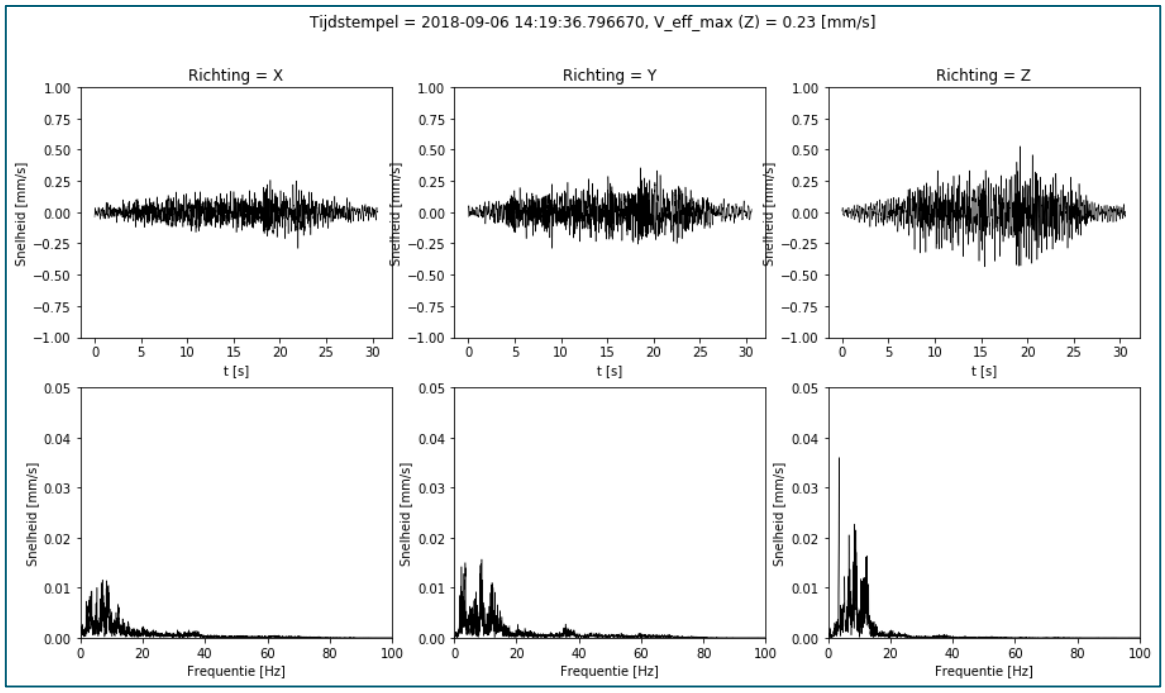
Afbeelding 4.12 Gemeten signalen meetlocatie 2 voor passage 2018-09-07 - 17:51



Afbeelding 4.13 Gemeten signalen meetlocatie 1 voor passage 2018-09-06 - 14:20

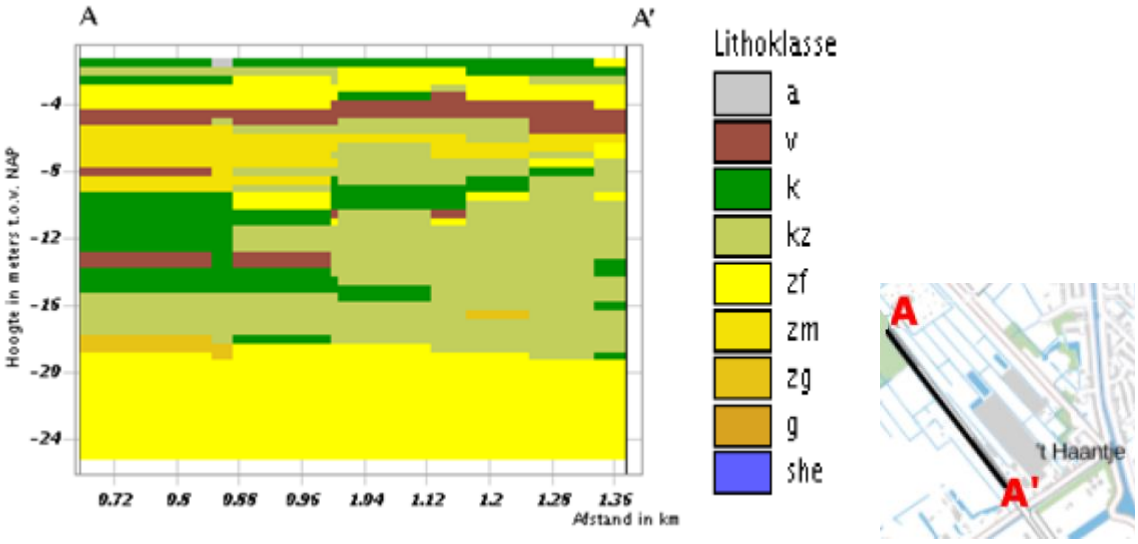


Afbeelding 4.14 Gemeten signalen meetlocatie 2 voor passage 2018-09-06 - 14:20

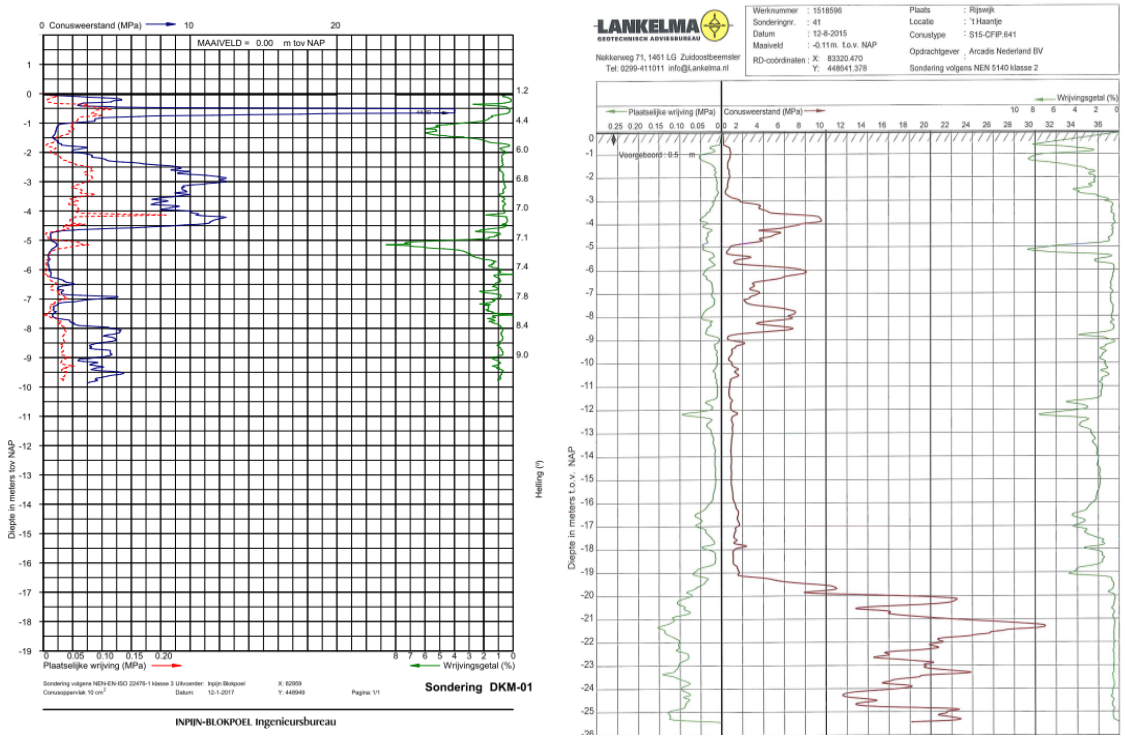


Een mogelijk verklaring voor de afwijkende frequentie inhoud tussen beide meetlocaties zou kunnen liggen bij de wissels nabij locatie 1 of de snelheid van de treinen. Analyse van het bodemprofiel wijst daarnaast uit dat ter plaatse van locatie 2 een aanmerkelijk slapper pakket in de bovenste meters van de ondergrond aanwezig is. Dit wordt geïllustreerd door de gegevens van Dinoloket (afbeelding 4.15) en de sondeerkarakteristieken van de beschikbare sonderingen het dichts gelegen bij de meetlocaties (afbeelding 4.16). Dit kan een verklaring zijn voor het filteren van het bronsignaal en daarmee de geconcentreerde frequentie inhoud beneden 20 Hz voor meetlocatie 2. Om hier met meer zekerheid uitspraken over te kunnen doen zou een gedetailleerde simulatie nodig zijn.

Afbeelding 4.15 Bodemprofiel (lithoklasse) over traject A - A' volgens Dinoloket



Afbeelding 4.16 Sondeergegevens van sonderingen het dichts bij meetlocatie 1 (links) en meetlocatie 2 (rechts)



4.5 Samenvatting

Uit de gemeten treinpassages zijn in bovenstaande paragrafen waarden voor V_{max} en voor V_{per} afgeleid. Opvallend is daarbij dat de meetresultaten op meetlocatie 1 hoger liggen dan de resultaten op meetlocatie 2, terwijl meetlocatie 1 verder van het spoor ligt. Daarnaast zijn de relatief hoge meetwaarden in de y-richting opmerkenswaardig: meestal is de z-richting duidelijk dominant. Op basis van de metingen is niet met zekerheid vast te stellen wat deze meetresultaten kan verklaren.

Voor de woningpredictie in het volgende hoofdstuk gaan we uit van een conservatieve benadering. Daarom hanteren we voor alle velden de op meetlocatie 1 bepaalde waarden voor V_{max} en V_{per}. In alle gevallen is de dagperiode maatgevend voor het V_{per}-niveau. Tabel 4.5 toont de gemeten waarden.

Tabel 4.5 Meetresultaten V_{max} en V_{per}, meetlocatie 1

Meetrichting	V_{max}	V_{per}
X	0,32	0,07
Y	0,46	0,10
Z	0,43	0,05

5

PREDICTIE TOEKOMSTIGE SITUATIE

5.1 Aanpak predictie trillingsniveau in gebouw

Met behulp van de uitgevoerde metingen is een indruk verkregen wat de trillingsniveaus op maaiveld zijn ter plaatse van de meetpunten.

In de toekomstige situatie waarin de nieuwbouw is gerealiseerd, zullen trillingen als gevolg van treinverkeer het gebouw aanstoten en in bepaalde mate voortplanten in het gebouw. De ervaring leert dat het trillingsniveau op fundering is afgenomen ten opzichte van het trillingsniveau op maaiveld. Dit komt doordat afhankelijk van de stijfheid van de fundering, de massa en de geometrie, de fundering maar deels het trillingspatroon in de bodem zal volgen. Hierbij geldt dat hoe massiever en stijver de fundatie en ook hoe hoger de frequenties van het trillingssignaal, hoe groter het verschil tussen maaiveld en fundatie. Voor grote gebouwen met massieve fundering, betekent dit dat het trillingsniveau op maaiveld soms met een veelvoud wordt teruggebracht. Voor eengezinswoningen met strokenfundering is een minder grote reductiefactor te verwachten.

De CUR166 [ref. 1] geeft voor trillingen als gevolg van het heien van palen en/of intrillen van damwanden in Nederland een indicatie van de overdrachtsfactor tussen maaiveld en fundering. De factor is bepaald op 0,7, oftewel een 30 % afname van het trillingsniveau. De ervaring leert dat deze factor in veel gevallen conservatief is (oftewel tot een overschatting van optredende niveaus leidt) wanneer er sprake is van een ongevoelige fundering voor maaiveldtrillingen, zoals een zware en/of rigide fundering of een paalfundering. Bij een strokenfundering op staal hoeft de factor niet conservatief te zijn. Omdat verwacht mag worden dat de woningen in dit gebied, met een relatief slappe ondergrond, op palen gefundeerd worden, resulteert de factor 0,7 waarschijnlijk in een overschatting. Dit geldt zowel voor de eengezinswoningen als voor de appartementencomplexen.

Voor beide locaties is nader gekeken naar een te hanteren factor en hiertoe is het document ‘Transit Noise and vibration impact assessment’ [ref. 2] geraadpleegd. Tabel 5.1 geeft de factoren weer welke in [ref. 2] zijn gegeven. Uit de tabel volgt een factor afhankelijk van het type gebouw, waarbij hogere factoren volgen dan de 0,7 die door de CUR166 wordt gehanteerd.

Tabel 5.1 Verschil in trillingsniveaus tussen grond en fundering volgens FTA[1]

Type fundering	Verlies in dB*	Vertaling naar trillingsniveau factor
gebouwen opgetrokken uit hout	-5	0,56
1-2 verdieping metselwerk gebouwen	-7	0,44
3-4 verdieping metselwerk gebouwen	-10	0,32
grotere massieve metselwerken gebouwen met zware rigide fundering	-10	0,32

* Verlies in dB is in dit geval gedefinieerd als 20*log10(Vmaaiveld/Vfundering).

[1] FTA staat voor Federal Transit Administration, zie [ref. 2].

Voor de appartementen wordt op basis van tabel 5.1 een factor 0,32 gehanteerd. Dit betekent dat verwacht wordt dat verwacht wordt dat trillingsniveaus op maaiveld met een factor 3 worden gereduceerd.[1] Voor een metselwerken woning geeft de tabel een factor 0,44.

5.2 Predictie westzijde spoor

De meting aan de westzijde van het spoor, op locatie 1, is uitgevoerd op 36 m afstand van het spoor. De voorziene bebouwing bestaat uit appartementen en ligt op minimaal 49 m afstand van het spoor. De gemeten niveaus op maaiveld zijn doorvertaald naar verwachte niveaus in het gebouw. De predictie geldt voor een woning op 36 m afstand van het spoor. Trillingsniveaus nemen typisch af met de afstand tot het spoor: voor de bebouwing op 49 m mogen dus lagere niveaus verwacht worden. Tabel 5.2 geeft de resultaten voor het maximale trillingsniveau weer voor de verschillende richtingen.

Tabel 5.2 Predictie V_{max}, bebouwing westzijde

Richting	V_{max} mv*	Factor mv-fnd*	V_{max} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_1 Streefwaarde	A_2 Streefwaarde
X	0,32	0,32	0,10	1	0,10	0,1	0,2
Y	0,46	0,32	0,15	1	0,15	0,1	0,2
Z	0,43	0,32	0,14	1	0,14	0,1	0,2

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Het niveau binnenin de woning in verticale en horizontale richting ligt onder de grenswaarde A_2 van 0,2. Op basis van deze resultaten bestaat de verwachting dat voldaan wordt aan deze streefwaarde, mits opslingering van vloeren wordt vermeden.

Tabel 5.3 Predictie V_{per}, bebouwing westzijde

Richting	V_{per} mv*	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 Streefwaarde
X	0,07	0,32	0,02	1	0,02	0,05
Y	0,10	0,32	0,03	1	0,03	0,05
Z	0,05	0,32	0,02	1	0,02	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het niveau van het gemiddelde trillingsniveau V_{per} (zie Tabel 5.3), dan bedraagt het niveau in horizontale richting op maaiveld 0,10. Omgerekend naar het vloerniveau bedraagt het niveau maximaal 0,03. Daarmee wordt voldaan aan de SBR-richtlijn. De berekende waarden gelden voor de meetafstand van 36 m, terwijl de bebouwing is geprojecteerd op 49 m afstand. De trillingsniveaus zullen daar lager liggen en dus wordt ook daar voldaan aan de SBR-richtlijn.

5.3 Predictie zuidelijk veld, oostzijde spoor

[1] In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de gevonden frequentie-inhoud van de signalen. Ter plaatse van veld 1 volgt een breder spectrum aan bijdragende frequenties, wat ook verwacht wordt voor treinverkeer. Dominante frequenties liggen meestal in het gebied van 10 - 30 Hz. Voor deze frequenties lijkt een dergelijke factor een reële schatting en mogelijk zelfs nog conservatief.

De voorziene bebouwing bestaat uit appartementen (het zuidelijke veld) en ligt op minimaal 20 m afstand van het spoor. De meting is uitgevoerd op 36 m van het spoor.

Uitgaande van een standaardcurve uit de FTA-handleiding [ref. 2] is daarom een correctie toegepast op de bestaande niveaus om een waarde op 20 m afstand te verkrijgen. Een vergelijking tussen de afstandscorrectie op basis van deze curve en de afstandscorrectie zoals aangehouden in het deelonderzoek 'Trillingen en Laagfrequent Geluid' bij het Tracébesluit Viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid laat zien dat de gehanteerde curve in dit geval een bovengrensbenadering voor het gecorrigeerde trillingsniveau oplevert.

Tabel 5.4 geeft de predictie in V_{max} weer voor de appartementen op het zuidelijke veld.

Tabel 5.4 Predictie V_{max} voor appartementen op zuidelijk veld, oostzijde spoor

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 20 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_1 streefwaarde	A2 streefwaarde
X	0,32	0,48	0,32	0,15	1	0,15	0,1	0,2
Y	0,46	0,62	0,32	0,2	1	0,2	0,1	0,2
Z	0,43	0,59	0,32	0,19	1	0,19	0,1	0,2

De waarden op de vloer voldoen juist aan de streefwaarden A_1 en A_2.

Tabel 5.5 Predictie V_{per} voor appartementen op zuidelijk veld, oostzijde spoor

Richting	V_{per} mv* (op 36 m)	V_{per} mv (op 20 m)	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 Streefwaarde
X	0,07	0,22	0,32	0,07	1	0,07	0,05
Y	0,10	0,26	0,32	0,08	1	0,08	0,05
Z	0,05	0,21	0,32	0,07	1	0,07	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het gemiddelde trillingsniveau V_{per}, dan volgt voor het maaiveld een waarde in horizontale richting van V_{per} = 0,10. Na correctie voor de afstand van de bebouwing tot het spoor en de reductie van maaiveld naar fundering volgt voor funderingsniveau een waarde van V_{per} rond de 0,08. Deze waarde ligt boven de streefwaarde van 0,05. Daarmee wordt niet voldaan aan de SBR-richtlijn.

Om wél te voldoen aan de richtlijn op deze afstand moet de reductie van maaiveld naar fundering hoger zijn dan hier aangehouden. Alternatief hiervoor is de afstand van spoor tot bebouwing te vergroten. Uitgaande van de aangegeven interpolatie en overdrachtsfactoren ligt het V_{per}-niveau in de bebouwing op een afstand van 28 meter tot het spoor juist op de kritische waarde van 0,05. In dat geval voldoet de bebouwing juist aan de streefwaarde A_3. De ingeschatte waarde is gebaseerd op een vuistregel van afname van intensiteit als functie van afstand. De werkelijke situatie kan hierdoor van afwijken door variaties als gevolg van locatiespecifieke karakteristieken (bron, bodemopbouw, geometrie). In de hierboven gegeven inschatting is daarvoor geen marge genomen.

5.4 Predictie noordelijk veld, oostzijde spoor

De voorziene bebouwing bestaat uit eengezinswoningen (het noordelijke veld) en ligt op minimaal 33 m afstand van het spoor.
De meting is uitgevoerd op 36 m van het spoor. Uitgaande van de hierboven aangehaalde standaardcurve is daarom een correctie toegepast op de bestaande niveaus om een waarde op 33 m afstand te verkrijgen.

Tabel 5.6 geeft de predictie weer voor de woningen op het noordelijke veld. Vanuit Tabel 5.1 houden wij hier een overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering van 0,44 aan.

Tabel 5.6 Predictie V_{max} voor eengezinswoningen op noordelijk veld, oostzijde spoor

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 33 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A1 streefwaar-de	A2 streefwaar-de
X	0,32	0,34	0,44	0,15	1	0,15	0,1	0,2
Y	0,46	0,48	0,44	0,21	1	0,21	0,1	0,2
Z	0,43	0,45	0,44	0,20	1	0,20	0,1	0,2

Uit de tabel blijkt dat het trillingsniveau op maaiveld in verticale richting lager ligt dan aan de westzijde. De waarden op de vloer voldoen niet aan de streefwaarde A_1, en ook niet aan de streefwaarde A_2.

Om wél te voldoen aan de richtlijn op deze afstand moet de reductie van maaiveld naar fundering hoger zijn dan hier aangehouden. Alternatief hiervoor is de afstand van spoor tot bebouwing te vergroten. Uitgaande van de aangegeven interpolatie en overdrachtsfactoren ligt het V_{max}-niveau in de bebouwing op een afstand van 36 meter tot het spoor juist op de kritische waarde van 0,2. In dat geval voldoet de bebouwing juist aan de streefwaarde A2. Hierin is geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge.

Tabel 5.7 Predictie V_{per} voor eengezinswoningen op noordelijk veld, oostzijde spoor

Richting	V_{per} mv* (op 36 m)	V_{per} mv (op 33 m)	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 Streefwaarde
X	0,07	0,09	0,44	0,04	1	0,04	0,05
Y	0,10	0,12	0,44	0,05	1	0,05	0,05
Z	0,05	0,07	0,44	0,03	1	0,03	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het gemiddelde trillingsniveau V_{per}, dan volgt voor het maaiveld een waarde in horizontale richting van V_{per} = 0,10. Door de correctie voor de afstand van de bebouwing tot het spoor en de reductie van maaiveld naar fundering volgt voor het funderingsniveau een waarde van V_{per} van maximaal 0,05. Deze waarde ligt juist op de streefwaarde van 0,05. Daarmee wordt, op de meetafstand, juist voldaan aan de SBR-richtlijn.

5.5 Effect toekomstige viersporigheid

Door de toekomstige viersporigheid wijzigt de afstand van de voorziene bebouwing tot het spoor, hetgeen een effect heeft op V_{max}. Daarnaast wijzigt het aantal treinen, waardoor de V_{per}-waarde toeneemt. Zoals beschreven in paragraaf 3.3 verwerken we deze effecten als volgt:

- vermindering van de afstand tot het spoor: de aangehouden afstanden nemen af met 7 meter;
- toename in V_{per} door toename van het treinverkeer: er wordt een toename van 10 % aangehouden.

De overige uitgangspunten blijven ongewijzigd.

5.5.1 Predictie westzijde spoor

De voorziene bebouwing bestaat uit appartementen en ligt op minimaal 42 m afstand van het gewijzigde spoor. De gemeten niveaus op maaiveld zijn door vertaald naar verwachte niveaus in het gebouw. De predictie geldt voor een woning op 36 m afstand van het spoor. Trillingsniveaus nemen typisch af met toename van de afstand tot het spoor: voor de bebouwing op 42 m mogen dus lagere niveaus verwacht worden. Zoals al in Tabel 5.2 aangegeven ligt het niveau binnen in de woning in verticale en horizontale richting onder de grenswaarde A_2 van 0,2. Op basis van deze resultaten bestaat de verwachting dat voldaan wordt aan deze streefwaarde, mits opslingering van vloeren wordt vermeden.

Tabel 5.8 Predictie V_{per}, bebouwing westzijde, in toekomstige situatie

	V_{per} mv*	Toename 10 % in V_{per}	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 Streefwaarde
X	0,07	0,08	0,32	0,03	1	0,03	0,05
Y	0,10	0,11	0,32	0,04	1	0,04	0,05
Z	0,05	0,06	0,32	0,02	1	0,02	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het niveau van het gemiddelde trillingsniveau V_{per} (zie Tabel 5.8), dan bedraagt het niveau in horizontale richting in de toekomstige situatie op maaiveld 0,11. Omgerekend naar het vloerniveau bedraagt het niveau maximaal 0,04. Daarmee wordt voldaan aan de SBR-richtlijn. De berekende waarden gelden voor de meetafstand van 36 m, terwijl de bebouwing is geprojecteerd op 42 m afstand van het nieuwe spoor. De trillingsniveaus zullen daar lager liggen en dus wordt ook daar voldaan aan de SBR-richtlijn.

5.5.2 Predictie zuidelijk veld, oostzijde spoor

De voorziene bebouwing bestaat uit appartementen (het zuidelijke veld) en ligt op minimaal 13 m afstand van het gewijzigde spoor.

Tabel 5.9 geeft de predictie in V_{max} weer voor de appartementen op het zuidelijke veld.

Tabel 5.9 Predictie V_{max} voor appartementen op zuidelijk veld, oostzijde spoor, in toekomstige situatie

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 13 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_1 streef waarde	A_2 streef waarde
X	0,32	0,65	0,32	0,21	1	0,21	0,1	0,2

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 13 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_1 streef waarde	A_2 streef waarde
Y	0,46	0,79	0,32	0,25	1	0,25	0,1	0,2
Z	0,43	0,76	0,32	0,24	1	0,24	0,1	0,2

De waarden op de vloer voldoen niet aan de streefwaarden A_1 en A_2.

Tabel 5.10 Predictie V_{per} voor appartementen op zuidelijk veld, oostzijde spoor, in toekomstige situatie

Richting	V_{per} mv* (op 36 m)	V_{per} mv (op 13 m)	Toename 10 % in Vper	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 streef waarde
X	0,07	0,40	0,44	0,32	0,14	1	0,14	0,05
Y	0,10	0,43	0,47	0,32	0,15	1	0,15	0,05
Z	0,05	0,38	0,42	0,32	0,13	1	0,13	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het gemiddelde trillingsniveau V_{per}, dan volgt voor het maaiveld een waarde in horizontale richting van V_{per} = 0,10. Na correctie voor de afstand van de bebouwing tot het toekomstige spoor, de toename door het groeiend aantal treinen en de reductie van maaiveld naar fundering volgt voor funderingsniveau een waarde van V_{per} van maximaal 0,15. Deze waarde ligt boven de streefwaarde van 0,05. Daarmee wordt niet voldaan aan de SBR-richtlijn.

Om wél te voldoen aan de richtlijn op deze afstand moet de reductie van maaiveld naar fundering hoger zijn dan hier aangehouden. Alternatief hiervoor is de afstand van spoor tot bebouwing te vergroten. Uitgaande van de aangegeven interpolatie en overdrachtsfactoren ligt het V_{per}-niveau in de bebouwing op een afstand van 30 meter tot het spoor juist op de kritische waarde van 0,05. In dat geval voldoet de bebouwing juist aan de streefwaarde A_3. De ingeschatte waarde is gebaseerd op een vuistregel van afname van intensiteit als functie van afstand. De werkelijke situatie kan hierdoor van afwijken door variaties als gevolg van locatie-specifieke karakteristieken (bron, bodemopbouw, geometrie). In de hierboven gegeven inschatting is daarvoor geen marge genomen.

5.5.3 Predictie noordelijk veld, oostzijde spoor

De voorziene bebouwing bestaat uit eengezinswoningen (het noordelijke veld) en ligt op minimaal 26 m afstand van het spoor.

Tabel 5.11 geeft de predictie weer voor de woningen op het noordelijke veld. Conform Tabel 5.1 wordt ook hier een overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering van 0,44 aangehouden.

Tabel 5.11 Predictie V_{max} voor eengezinswoningen op noordelijk veld, oostzijde spoor, in toekomstige situatie

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 26 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A1 streefwaar-de	A2 streefwaar-de
X	0,32	0,40	0,44	0,18	1	0,18	0,1	0,2

Richting	V_{max} mv (op 36 m)	V_{max} mv (op 26 m)	Factor mv-fnd	Vmax fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A1 streefwaar-de	A2 streefwaar-de
Y	0,46	0,54	0,44	0,24	1	0,24	0,1	0,2
Z	0,43	0,51	0,44	0,22	1	0,22	0,1	0,2

De waarden op de vloer voldoen niet aan de streefwaarde A_1, en ook niet aan de streefwaarde A_2.

Om wél te voldoen aan de richtlijn op deze afstand moet de reductie van maaiveld naar fundering hoger zijn dan hier aangehouden. Alternatief hiervoor is de afstand van spoor tot bebouwing te vergroten. Uitgaande van de aangegeven interpolatie en overdrachtsfactoren ligt het V_{max}-niveau in de bebouwing op een afstand van 36 meter tot het spoor juist op de kritische waarde van 0,2. In dat geval voldoet de bebouwing juist aan de streefwaarde A_2. Hierin is geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge.

Tabel 5.12 Predictie V_{per} voor eengezinswoningen op noordelijk veld, oostzijde spoor, in toekomstige situatie

Richting	V_{per} mv* (op 36 m)	V_{per} mv (op 26 m)	Toename 10 % in V_{per}	Factor mv-fnd*	V_{per} fnd	Factor fnd-vloer	V_{max} vloer	A_3 streef waarde
X	0,07	0,15	0,16	0,44	0,07	1	0,07	0,05
Y	0,10	0,18	0,19	0,44	0,08	1	0,08	0,05
Z	0,05	0,13	0,14	0,44	0,06	1	0,06	0,05

*) mv = maaiveld, fnd =fundering.

Wordt gekeken naar het gemiddelde trillingsniveau V_{per}, dan volgt voor het maaiveld een waarde in horizontale richting van V_{per} = 0,10. Na correctie voor de afstand van de bebouwing tot het toekomstige spoor, de toename door het groeiend aantal treinen en de reductie van maaiveld naar fundering volgt voor funderingsniveau een verwachtingswaarde van V_{per} van 0,08. Deze waarde ligt boven de streefwaarde van 0,05.

Om wél te voldoen aan de richtlijn op deze afstand moet de reductie van maaiveld naar fundering hoger zijn dan hier aangehouden. Alternatief hiervoor is de afstand van spoor tot bebouwing te vergroten. Uitgaande van de aangegeven interpolatie en overdrachtsfactoren ligt het V_{per}-niveau in de bebouwing op een afstand van 36 meter tot het spoor juist op de kritische waarde van 0,05. In dat geval zou de bebouwing juist voldoen aan de streefwaarde A_3. De ingeschatte waarde is gebaseerd op een vuistregel van afname van intensiteit als functie van afstand. De werkelijke situatie kan hierdoor van afwijken door variaties als gevolg van locatie-specifieke karakteristieken (bron, bodemopbouw, geometrie). In de hierboven gegeven inschatting is daarvoor geen extra marge genomen.

5.6 Samenvatting

Onderstaande tabel vat de resultaten van de predictie uit dit hoofdstuk samen.

Tabel 5.13 Samenvatting predictieresultaten

Locatie	Voldoet aan SBR-richtlijn deel B (huidige situatie)	Voldoet aan SBR-richtlijn deel B (toekomstige situatie met spoorverdubbeling)	Aandachtspunten
westzijde spoor, bebouwing op 49 m (toekomst: 42 m), appartementen	ja	ja	- opslingering van vloeren moet worden vermeden
oostzijde spoor, zuidelijk veld, bebouwing op 20 m (toekomst: 13 m), appartementencomplex	nee	nee	- opslingering van vloeren moet worden vermeden; - in het ontwerp moet een verbeterde trillingsreducerende werking worden gerealiseerd óf de bebouwing moet verder van het spoor worden gerealiseerd
oostzijde spoor, noordelijk veld, bebouwing op 33 m (toekomst: 26 m), eengezinswoningen	nee	nee	- opslingering van vloeren moet worden vermeden; - in het ontwerp moet een verbeterde trillingsreducerende werking worden gerealiseerd óf de bebouwing moet verder van het spoor worden gerealiseerd

6

MAATREGELEN

Appartementen westzijde

De resultaten uit hoofdstuk 5 tonen dat het verwachte trillingsniveau op vloeren binnenin de appartementen aan de westzijde van het spoor voldoet aan de SBR-richtlijn wanneer rekening wordt gehouden met een reductie van trillingsniveaus van maaiveld naar fundering van een factor 0,32. Deze factor volgt uit de FTA-manual [ref. 2] en is lager dan de factor gehanteerd door de CUR166 welke 0,7 bedraagt. De factor 0,32 mag worden gekozen uitgaande van een rigide paalfundering voor de toekomstige woningen, wat een gunstig effect heeft op de mate van reductie van overdracht van oppervlaktetrillingen vanuit de ondergrond naar de fundering. Indien tijdens het ontwerp voor een minder rigide funderingssysteem wordt gekozen zijn hogere overdrachtsfactoren van toepassing.

Om te waarborgen dat aan de SBR-richtlijn wordt voldaan dient in het ontwerp rekening te worden gehouden met het vermijden van opslingering. Ervaring laat zien dat dit vooral een risico vormt voor vloervelden. Opslingering is het fenomeen dat de eigenfrequentie van een vloer wordt aangestoten en er een grotere uitwijking midden op de vloer optreedt dan ter plaatse van de fundering. Om opslingering te vermijden dienen de dominante frequenties in optredende trillingssignalen niet overeen te komen met eigenfrequenties van vloeren. In het ontwerp kan hier rekening mee worden gehouden door de eigenfrequenties van de vloeren van de nieuwbouw op voorhand te bepalen en waar nodig aan te passen door de stijfheid en of massa aan te passen.

De huidige meetresultaten zijn nader bekeken met betrekking tot frequentie inhoud. Hieruit blijkt dat voor meetlocatie 1 dominante frequenties gevonden die onder 20 Hz liggen, met daarnaast ook nog een aantal frequenties tot 40 Hz. Voor meetlocatie 2 geldt dat de dominante frequenties onder 20 Hz liggen. Het advies is daarom om te voorkomen dat juist in deze frequentierange de dominante eigenfrequenties liggen van de response van het gebouw als geheel, of de lokale response van de vloeren van het gebouw.

De huidige resultaten geven dus de verwachting dat aanvullende maatregelen in de vorm van bijvoorbeeld trillingsisolerende blokken tussen de fundering en de woningconstructie niet benodigd zijn, mits de ontwerpen voldoende trilling reductie ten opzichte van maaiveld bewerkstelligen en opslingering wordt vermeden.

Appartementen en woningen oostzijde

Voor de appartementen en woningen aan de oostzijde wordt niet voldaan aan de SBR-richtlijn deel B. Deze appartementen zijn geprojecteerd op 20, respectievelijk 33 m afstand van het spoor. In de toekomstige situatie met spoorverdubbeling wordt dat 13, respectievelijk 26 meter afstand. De bijbehorende meting vond plaats op 36 m van het spoor. Door te interpoleren naar de afstanden van de voorziene bebouwing tot het spoor volgt een overschrijding van de streefwaarden uit de richtlijn. Voor deze appartementen is gerekend met een factor van maaiveld naar fundering van 0,32; voor de woningen geldt een factor 0,44. Deze factoren mogen worden gekozen uitgaande van een rigide paalfundering voor de toekomstige woningen, wat een gunstig effect heeft op de mate van reductie van overdracht van oppervlaktetrillingen vanuit de ondergrond naar de fundering. Indien tijdens het ontwerp voor een minder rigide funderingssysteem wordt gekozen zijn hogere overdrachtsfactoren van toepassing.

Wanneer daadwerkelijk appartementen en woningen op deze afstand van het spoor worden gebouwd, verdient het aanbeveling vooraf de daadwerkelijke trillingsniveaus op de exacte locatie in kaart te brengen met een meting.

Daarna kan het ontwerp van de appartementen worden geoptimaliseerd om de vereiste reductie te bewerkstelligen. Dit is mogelijk met bijvoorbeeld trillingsisolerende blokken tussen fundering en woningconstructie. Net zoals bij de appartementen aan de westzijde moet opslingering van vloeren in het kritische frequentiegebied worden vermeden.

Tot slot is het van belang het ontstaan van geluid door afstraling van vloeren en wanden in de woningen te voorkomen. Ook hiervoor is het belangrijk resonantie van vloeren en wanden in het kritische frequentiegebied te voorkomen.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Het Programmabureau Rijswijk Buiten werkt in opdracht van de gemeente Rijswijk een uitwerkingsplan uit op basis waarvan woningen nabij de spoorlijn Amsterdam-Rotterdam gebouwd kunnen worden. Ten behoeve van dit uitwerkingsplan is een onderzoek uitgevoerd naar spoortrillingen. Hiertoe is op een tweetal locaties een trillingsmeting uitgevoerd op maaiveld. Vervolgens zijn een analyse van de meetresultaten en een vertaling naar een predictie van trillingsniveaus in de gebouwen gemaakt op basis van kenmerken van de toekomstige bebouwing en kengetallen uit literatuur. In het onderzoek is de SBR-richtlijn deel B gehanteerd als toetsingskader.

Uit het onderzoek volgen deze conclusies voor de appartementen aan de westzijde van het spoor:

1 op een afstand van 36 m van het spoor zijn V_{max}-niveaus in de Y-richting gemeten van 0,46. In de Z-richting is een waarde van 0,43 gemeten. De voorziene bebouwing ligt op tenminste 49 m afstand van het spoor;
2 van deze appartementencomplexen wordt op basis van kengetallen uit literatuur een overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering van 0,32 verwacht. Daaruit volgt een verwacht V_{max}-niveau van binnenin de gebouwen van V_{max}= 0,15 wanneer er geen opslingering plaatsvindt. De streefwaarde A_2 bedraagt 0,2. Als opslingering wordt vermeden, treedt geen overschrijding op;
3 voor V_{per} is een maximaal niveau van 0,10 gemeten op maaiveld. In de gebouwen wordt verwacht dat deze waarde onder de streefwaarde A_3 van 0,05 ligt;
4 uit toetsing aan de SBR-richtlijn volgt dat de verwachting bestaat dat voldaan wordt aan de SBR-richtlijn mits opslingering van vloeren wordt voorkomen.

De conclusies voor de appartementengebouwen op het zuidelijk veld aan de oostzijde van het spoor zijn als volgt:

1 op een afstand van 36 m van het spoor zijn V_{max}-niveaus in de Y-richting gemeten van 0,46. In de Z-richting is een waarde van 0,43 gemeten. De voorziene bebouwing ligt op tenminste 20 m afstand van het spoor;
2 bij interpoleren naar 20 m op basis van standaardformules uit de literatuur, en uitgaande van een overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering van 0,32, verwachten wij een V_{max}-niveau van binnenin de gebouwen van V_{max}= 0,2 wanneer er geen opslingering plaatsvindt. De streefwaarde A_2 bedraagt 0,2;
3 voor V_{per} is een maximaal niveau van 0,10 gemeten op maaiveld (op 36 meter). In de gebouwen wordt een waarde van 0,08 verwacht, boven de streefwaarde A_3 van 0,05;
4 uit toetsing aan de SBR-richtlijn volgt dus dat de verwachting bestaat dat niet voldaan wordt aan de SBR-richtlijn.

Uit het onderzoek volgen deze conclusies voor de eengezinswoningen op het noordelijk veld aan de oostzijde van het spoor:

1 op een afstand van 36 m van het spoor zijn V_{max}-niveaus in de Y-richting gemeten van 0,46. In de Z-richting is een waarde van 0,43 gemeten. De voorziene bebouwing ligt op tenminste 33 m afstand van het spoor;
2 bij interpoleren naar 33 m op basis van standaardformules uit de literatuur, van deze woningen wordt op basis van kengetallen uit literatuur een overdrachtsfactor van maaiveld naar fundering van 0,44 verwacht.

Daaruit volgt een verwacht V_{max}-niveau van binnenin de gebouwen van V_{max}= 0,21 wanneer er geen opslingering plaatsvindt. De streefwaarde A_2 bedraagt 0,2;

3 voor V_{per} is een maximaal niveau van 0,10 gemeten op maaiveld (op 36 m). In de gebouwen wordt een waarde van 0,05 verwacht, gelijk aan de streefwaarde A_3 van 0,05;

4 uit toetsing aan de SBR-richtlijn volgt dus dat de verwachting bestaat dat niet voldaan wordt aan de SBR-richtlijn.

In aanvulling op deze predictie is onderzocht welk effect de toekomstige spoorverdubbeling heeft op de te verwachten trillingsniveaus. In dat geval nemen de hierboven beschreven niveaus nog iets toe, omdat het spoor dichterbij de bebouwing komt te liggen en omdat meer treinen zullen gaan rijden. De conclusies uit de toetsing aan de SBR-richtlijn deel B veranderen niet: aan de westzijde wordt geen overschrijding verwacht, aan de oostzijde wel.

Voor alle onderzochte locaties blijkt dat zonder ontwerpafhankelijk onderzoek niet op voorhand kan worden uitgesloten dat niet aan de SBR-richtlijn wordt voldaan omdat opslingering vermeden dient te worden. De berekende waarden voor V_{per} en V_{max} liggen in het kritische gebied, juist op of boven de streefwaarden. Wordt in het ontwerp rekening gehouden door trillingsarm te bouwen (door de overdracht van trillingen in de ondergrond naar het gebouw te minimaliseren, en door het vermijden van opslingering), dan bestaat de verwachting dat aan de SBR-richtlijn wordt voldaan. Op basis van de frequentie-inhoud van de tien meest maatgevende signalen ter plaatse van veld 1 volgt de verwachting dat opslingering kan worden vermeden wanneer de eerste eigenfrequenties van vloeren boven de 20 Hz liggen.

7.2 Aanbevelingen

Uit het onderzoek volgen de volgende aanbevelingen:

1 voor de appartementen aan de westzijde wordt aanbevolen om het ontwerp, wanneer beschikbaar, te toetsen op trillingsgevoeligheid en om te bepalen of de aangenomen factoren en eigenschappen overeenkomen met de hierboven genoemde aannames;

2 voor de en appartementen en eengezinswoningen aan de oostzijde adviseren we (op basis van de huidige metingen en uitgangspunten over deze gebouwen) om trillingsreducerende maatregelen in het ontwerp op te nemen. Voorafgaand daaraan kan het hier berekende trillingsniveau op de kritische afstand van 20 respectievelijk 33 m getoetst worden met behulp van een meting ter plaatse. De trillingsreducerende maatregelen kunnen bestaan uit het toevoegen van trillingsreducerende blokken tussen fundering en woningconstructie;

3 op basis van een analyse van de frequentie inhoud van de metingen wordt verwacht dat opslingering wordt voorkomen wanneer aanpassingen in de vloersystemen worden doorgevoerd in het ontwerp. Typische waarden voor eigenfrequenties van vloervelden (hout en gewapend beton) zitten namelijk in hetzelfde frequentiebereik als de gemeten ondergrondtrillingen. Men kan er dus niet zomaar vanuit gaan dat opslingering niet zal optreden zonder hier tijdens het ontwerp actief aandacht aan te besteden;

4 bij nader onderzoek in het kader van bovenstaande aanbevelingen moet rekening worden gehouden met de spoorverdubbeling zoals vastgelegd in het Tracébesluit viersporigheid Rijswijk - Delft Zuid.

8

REFERENTIES

1 [ref. 1] Handboek Damwandconstructies (CUR 166), november 2008, ISBN 9037600735.
2 [ref. 2] Federal Transit Administration (2018). Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual.
3 [ref. 3] Stichting BouwResearch (2006). Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen - deel B: hinder voor personen in gebouwen.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: MEETRESULTATEN

I.1 Meetlocatie 1

Afbeelding I.1 X-richting

signaalnummer	Veffmax
1	0.32
2	0.32
3	0.30
4	0.30
5	0.30
6	0.29
7	0.29
8	0.29
9	0.29
10	0.29
11	0.29
12	0.29
13	0.29
14	0.29
15	0.29
mu	0.30
sigma	0.01
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.32**

Afbeelding I.2 Y-richting

signaalnummer	Veffmax
1	0.46
2	0.46
3	0.46
4	0.45
5	0.45
6	0.45
7	0.44
8	0.43
9	0.43
10	0.43
11	0.43
12	0.43
13	0.43
14	0.43
15	0.43
mu	0.44
sigma	0.01
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.46**

Afbeelding I.3 Z-richting

signaalnummer	Veffmax
1	0.51
2	0.32
3	0.26
4	0.25
5	0.25
6	0.24
7	0.24
8	0.24
9	0.23
10	0.23
11	0.22
12	0.22
13	0.22
14	0.22
15	0.22
mu	0.26
sigma	0.07
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.43**

I.2 Meetlocatie 2

Afbeelding I.4 X-richting

signaalnummer	Veffmax
1	0.23
2	0.23
3	0.19
4	0.18
5	0.15
6	0.15
7	0.14
8	0.14
9	0.13
10	0.13
11	0.13
12	0.13
13	0.13
14	0.13
15	0.13
mu	0.15
sigma	0.04
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.23**

Afbeelding I.5 Y-richting

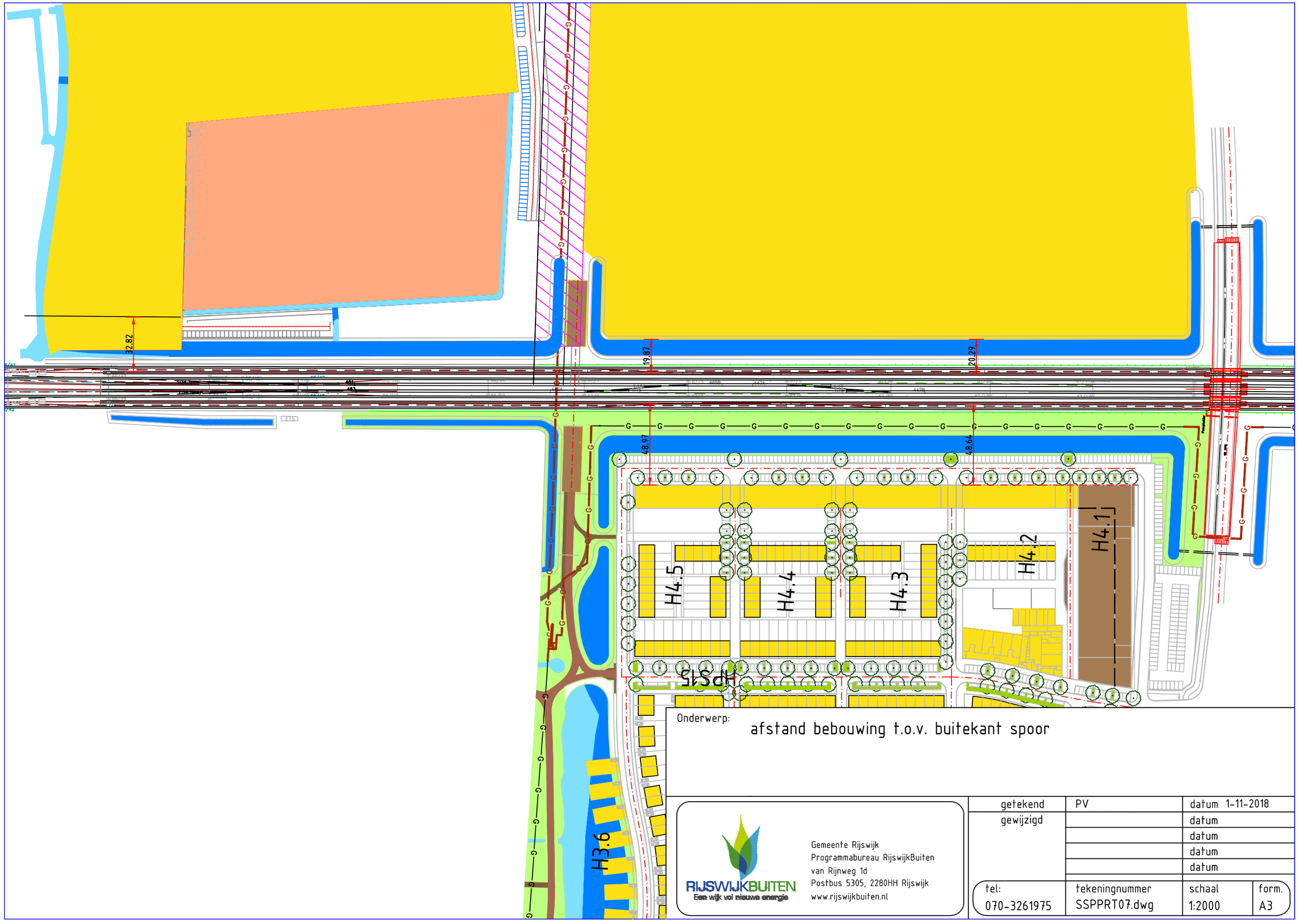
signaalnummer	Veffmax
1	0.35
2	0.34
3	0.24
4	0.23
5	0.23
6	0.22
7	0.22
8	0.22
9	0.21
10	0.21
11	0.21
12	0.21
13	0.21
14	0.21
15	0.20
mu	0.23
sigma	0.05
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.33**

Afbeelding I.6 Z-richting

signaalnummer	Veffmax
1	0.32
2	0.31
3	0.31
4	0.29
5	0.26
6	0.26
7	0.26
8	0.24
9	0.24
10	0.24
11	0.23
12	0.23
13	0.23
14	0.23
15	0.23
mu	0.26
sigma	0.03
Beta	1.76
Veffmaxstat	**0.32**

II

BIJLAGE: ONTWERPTEKENING ONTWIKKELINGSLOCATIE



Onderwerp:

afstand bebouwing t.o.v. buitekant spoor

RIJSWIJKBUITEN
Een wijk vol nieuwe energie

Gemeente Rijswijk
Programmabureau RijswijkBuiten
van Rijnweg 1d
Postbus 5305, 2280HH Rijswijk
www.rijswijkbuiten.nl

getekend	PV	datum 1-11-2018
gewijzigd		datum
		datum
		datum
		datum

tel:	tekeningnummer	schaal	form.
070-3261975	SSPPRT07.dwg	1:2000	A3