

Woningbouw deelplan M en T van Plantage de Sniep nabij keerlus tramlijn 9 te Diemen

Externe trillingen





Woningbouw deelplan M en T van Plantage de Sniep nabij keerlus tramlijn 9 te Diemen

Externe trillingen

opdrachtgever	Gemeente Diemen
rapportnummer	FV 15254-2-RA-003
datum	10 november 2017
referentie	TKe/EdV/HT/FV 15254-2-RA-003
verantwoordelijke	ir. A.C.R. Kessen
opsteller	ing. E. de Vries +31 24 3570763 e.devries@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Metingen	6
2.1	Doel van de metingen en meetmethode	6
2.2	Meetinstrumenten	7
2.3	Meetresultaten	7
2.3.1	Keerlus Muiderstraatweg	7
2.3.2	Trambaan IJburg	11
2.3.3	Trambaan Muiderpoortstation	13
2.3.4	Treinverkeer	17
3	Beoordeling trillingen vanwege tram	18
3.1	Metingen huidige keerlus Muiderstraatweg	18
3.2	Metingen trambaan IJburg en Muiderpoortstation	19
3.3	Motivering te verwachten trillingen nieuwe keerlus	23
3.4	Geprojecteerde woningen	25
4	Beoordeling trillingen vanwege trein	27
4.1	Meting	27
4.2	Geprojecteerde woningen	29
5	Toetsing	31
5.1	Toetsingskader	31
5.2	Toetsing tram	31
5.3	Toetsing trein	32
6	Conclusie	33
6.1	Optredende trillingen	33
6.2	Aandachtspunten	33
6.3	Inpasbaarheid bestemmingsplan	34

1 Inleiding

In opdracht van de gemeente Diemen is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege tram- en treinverkeer in geprojecteerde appartementen van de deelplannen M en T van Plantage De Sniep te Diemen.

Het bouwplan is gesitueerd tot op zeer korte afstand van de toekomstige keerlus van de tram, met afstanden tot slechts 5 m uit het hart van de nieuwe keerlus. Verder is het bouwplan gesitueerd op ca. 45 m afstand vanaf treinsporen.

Binnen het bouwplan zal een aantal appartementen worden gerealiseerd. De exacte invulling van het plan is nog niet bekend.

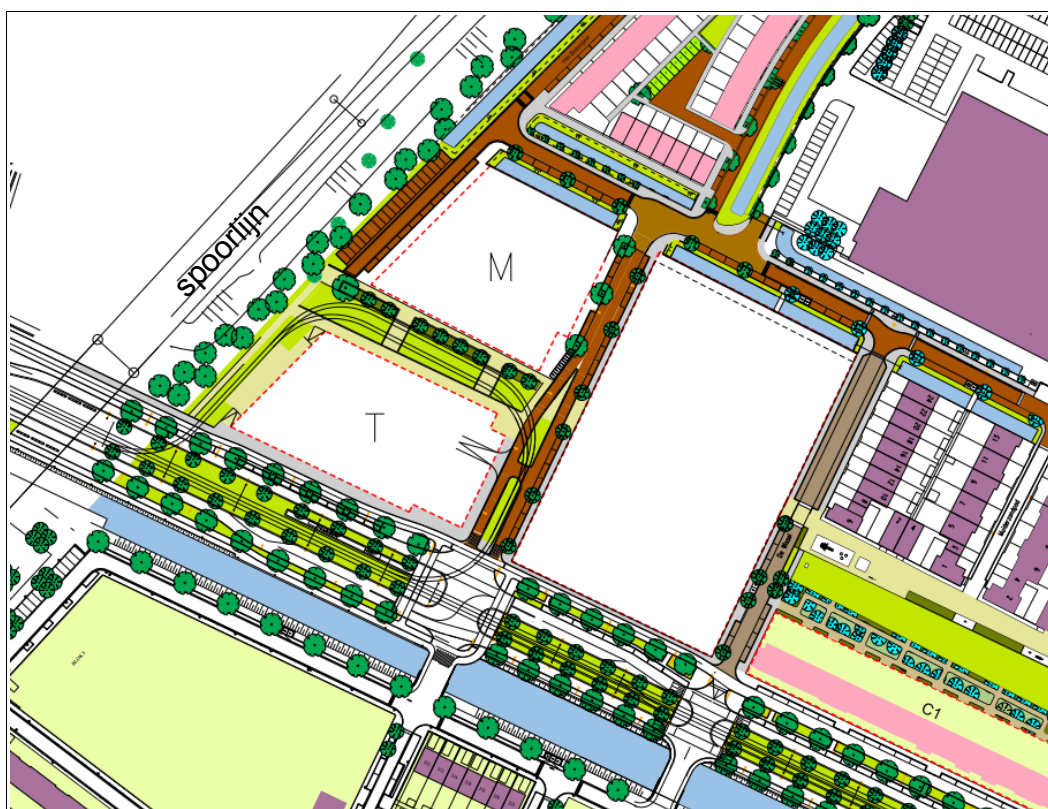
In figuur 1.1 is de situering van de nieuwe keerlus (rood) weergegeven, evenals de bestaande keerlus (groen). Verder toont de figuur ook de ligging van de spoorlijn.

f1.1 Weergave nieuwe (rood) en oude (groen) keerlus tramlijn 9.



Vervolgens toont figuur 1.2 de situering van de nieuwe tramkeerlus, alsook de globale locatie van de bouwplannen M en T nabij deze keerlus en de spoorlijn.

f1.2 Situering nieuwe keerlus en bouwplannen M en T.



Het onderzoek dient te worden gezien als een vooronderzoek waarbij, mede gebruik makend van trillingmetingen ter plaatse, een eerste beoordeling wordt gegeven.

Voor de beoordeling van de in de woning te verwachten trillingen is uitgegaan van de streefwaarden voor de maximaal optredende trillingssnelheden zoals opgenomen in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006.

2 Metingen

2.1 Doel van de metingen en meetmethode

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege tram- en treinverkeer.

D.d. 7 februari 2017 zijn bij de bestaande keerlus aan de Muiderstraatweg te Diemen trillingmetingen verricht.

Op deze tramlijn (lijn 9) rijdt het GVB met Combino's (13G- en 14G-serie), tramnummers 2073 t/m 2130 die ook ingezet worden op de lijnen 3, 4, 7, 12 en 14. De Amsterdamse Combino is 5-delig (4 geledingen) en is 29,2 meter lang en 2,4 meter breed.

In figuur 2.1 is de situering van de nieuwe keerlus (rood) weergegeven, evenals de bestaande keerlus (groen).

f2.1 Weergave nieuwe (rood) en oude (groen) keerlus tramlijn 9.



Om inzicht te krijgen in de vraag in hoeverre de metingen aan de bestaande keerlus representatief zijn voor wat betreft de trillingniveaus is verder bij een tweetal andere keerlussen gemeten te weten in IJburg en bij het Muiderpoortstation in Amsterdam.

Bij de trambaan in IJburg zijn op 23 mei 2017 trillingmetingen verricht. Bij de trambaan in Amsterdam zijn op 30 mei 2017 trillingmetingen verricht.

Verder zijn vanaf 23 mei tot en met 30 mei 2017 trillingmetingen verricht met betrekking tot de spoorlijn. Hierbij zijn met behulp van een onbemand meetsysteem de trillingen in de bodem gemeten.

Met betrekking tot de metingen is aansluiting gezocht bij de SBR Richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen).

2.2 Meetinstrumenten

De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

2.3 Meetresultaten

2.3.1 Keerlus Muiderstraatweg

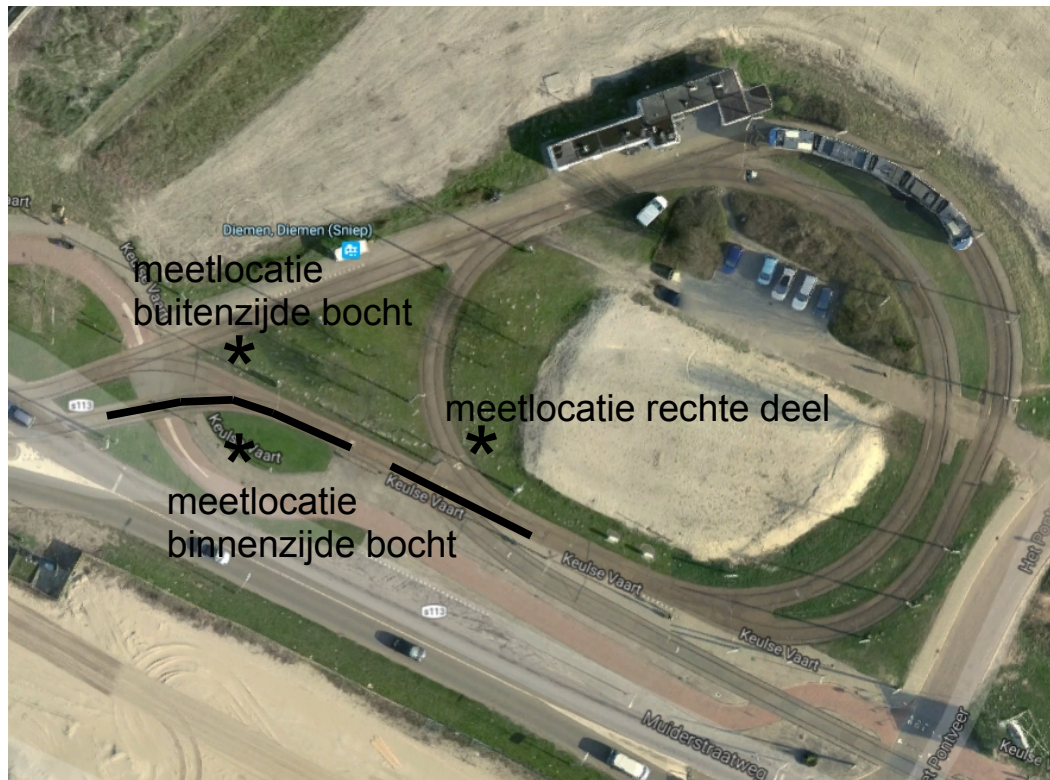
De metingen zijn verricht tussen 11.00 en 14.30 uur op 7 februari 2017.

De metingen zijn uitgevoerd op 7 m afstand tot een recht deel van de trambaan en op 5 m afstand tot de binnenzijde van een bocht van de trambaan. Beide meetlocaties komen overeen met de afstand tot de trambaan waar woningbouw is voorzien.

Bij de bocht zijn metingen verricht op 5 m afstand van zowel de binnenzijde van de bocht als de buitenzijde van de bocht. Op basis hiervan volgt of de hoogste trillingniveaus juist bij de binnenzijde of buitenzijde van een bocht optreden.

Figuur 2.2 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.2 Ligging meetlocaties



Om inzicht te krijgen in de trillingen op grotere afstand tot de trambaan zijn aanvullende metingen verricht op 30 m afstand tot het rechte deel en 30 m afstand tot de buitenzijde van een bocht verricht. Deze waarden kunnen bij eventueel vervolgonderzoek worden benut.

De metingen zijn verricht met een meetsysteem waarbij in de bodem is gemeten. Hierbij is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan de trambaan) en Y (loodrecht op de trambaan), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

Voor alle navolgende metingen is bij de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een tijdsinterval van 30 seconde wordt bepaald.

Tabellen 2.1 t/m 2.3 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ bij het rechte deel van de trambaan in de X, Y en Z richting.

t2.1 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,24	-
11:24	0,28	0,11
11:34	0,22	0,09
11:46	0,25	0,09
11:55	0,21	0,08
12:05	0,29	0,10
12:15	0,31	0,11
12:29	0,28	0,11

t2.2 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,36	-
11:24	0,39	0,13
11:34	0,36	0,12
11:46	0,45	0,15
11:55	0,30	0,10
12:05	0,40	0,15
12:15	0,45	0,14
12:29	0,38	0,14

t2.3 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting (recht deel trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting	
	7 m afstand	30 m afstand
11:18	0,42	-
11:24	0,38	0,07
11:34	0,36	0,05
11:46	0,44	0,07
11:55	0,25	0,05
12:05	0,40	0,06
12:15	0,42	0,05
12:29	0,43	0,05

Tabellen 2.4 t/m 2.6 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ bij de bocht van de trambaan in de X, Y en Z richting.

t2.4 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting		
	5 m afstand	5 m afstand	30 m afstand
	buitenzijde bocht	binnenzijde bocht	buitenzijde bocht
13:14	1,64	2,32	0,06
13:22	2,94	3,52	0,13
13:30	3,11	3,55	0,04
13:36	3,06	3,07	0,05
13:47	3,52	2,44	0,05
13:58	3,91	3,26	0,03
14:07	1,39	2,02	0,03
14:15	3,33	2,99	0,03
14:23	3,50	3,00	0,07

t2.5 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting		
	5 m afstand	5 m afstand	30 m afstand
	buitenzijde bocht	binnenzijde bocht	buitenzijde bocht
13:14	2,10	3,25	0,05
13:22	2,22	3,71	0,20
13:30	1,56	3,36	0,06
13:36	1,58	3,23	0,12
13:47	2,34	4,14	0,07
13:58	2,03	3,37	0,08
14:07	1,50	2,97	0,05
14:15	2,36	2,90	0,06
14:23	2,33	4,28	0,07

t2.6 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting (bocht trambaan)

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting		
	5 m afstand	5 m afstand	30 m afstand
	buitenzijde bocht	binnenzijde bocht	buitenzijde bocht
13:14	0,99	1,17	0,06
13:22	2,34	3,29	0,16
13:30	2,07	2,44	0,07
13:36	1,53	2,05	0,12
13:47	1,84	2,27	0,08
13:58	1,61	2,85	0,07
14:07	0,93	1,14	0,04
14:15	1,26	1,53	0,05
14:23	1,69	3,22	0,06

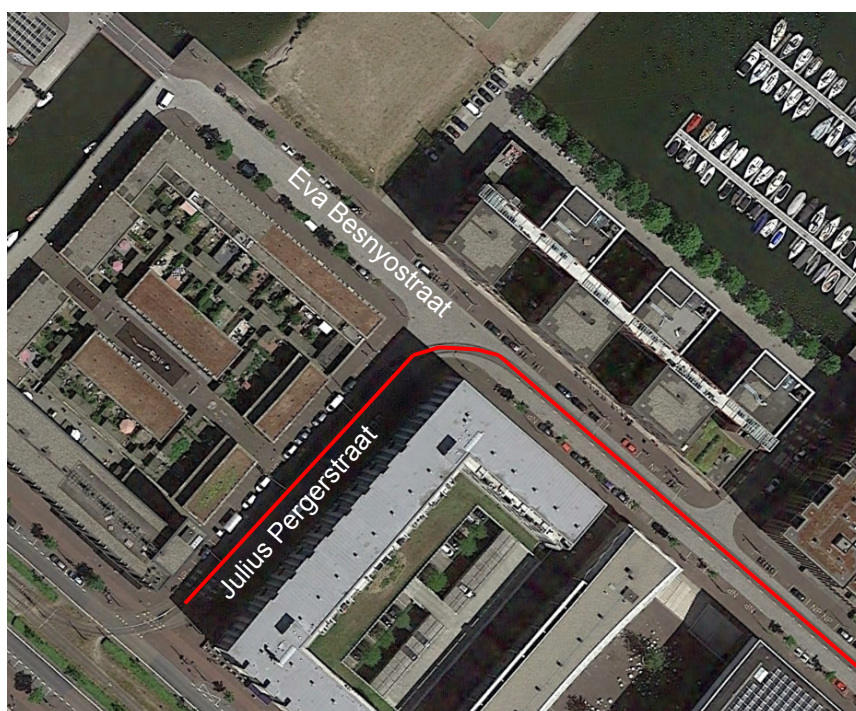
2.3.2 Trambaan IJburg

De metingen zijn verricht tussen 12.30 en 13.30 uur op 23 mei 2017.

De metingen zijn uitgevoerd op 5 m afstand tot de binnenzijde van een bocht van de trambaan. Deze afstand komt overeen met de afstand tot de trambaan waar bij de keerlus in Diemen woningbouw is voorzien.

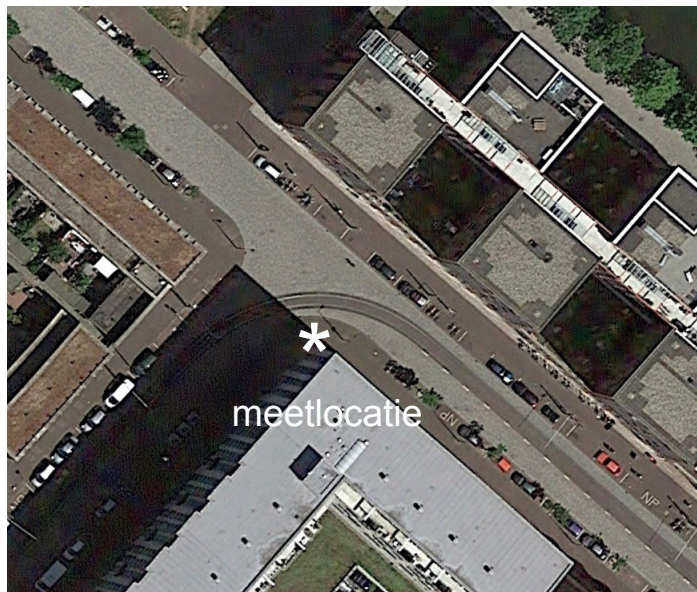
Figuur 2.3 toont de ligging van een deel van de keerlus waarbij deze is aangeduid met een rode lijn.

f2.3 Ligging trambaan



Figuur 2.4 toont de ligging van de meetlocatie.

f2.4 Ligging meetlocatie



De metingen zijn verricht met een meetsysteem waarbij in de bodem is gemeten. Hierbij is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan de trambaan) en Y (loodrecht op de trambaan), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

Tabellen 2.7 t/m 2.9 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in de X, Y en Z richting.

t2.7 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting
	5 m afstand
12:30	0.78
12:37	0.98
12:43	0.84
12:48	0.92
12:55	0.99
13:03	0.94
13:07	0.76
13:13	0.63

t2.8 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting
	5 m afstand
12:30	0.92
12:37	1.3
12:43	1.3
12:48	1.75
12:55	1.4
13:03	1.48
13:07	1.44
13:13	0.86

t2.9 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting

tijdstip passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting
	5 m afstand
12:30	0.43
12:37	0.52
12:43	0.42
12:48	0.55
12:55	0.48
13:03	0.48
13:07	0.56
13:13	0.44

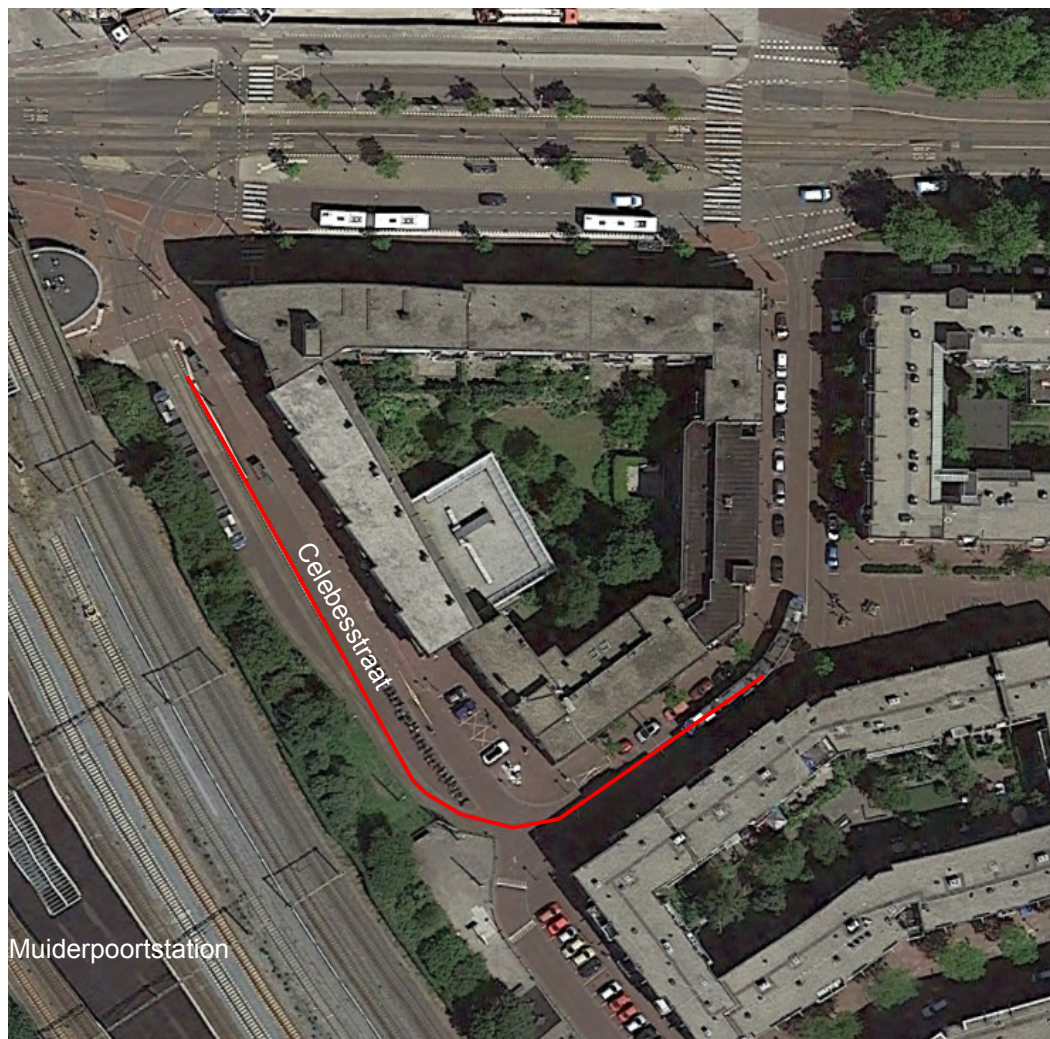
2.3.3 Trambaan Muiderpoortstation

De metingen zijn verricht tussen 11.00 en 12.00 uur op 30 mei 2017.

De metingen zijn uitgevoerd op 5 m afstand tot de binnenzijde en buitenzijde van een bocht van de trambaan. Deze afstand komt wederom overeen met de afstand tot de trambaan waar in Diemen woningbouw is voorzien.

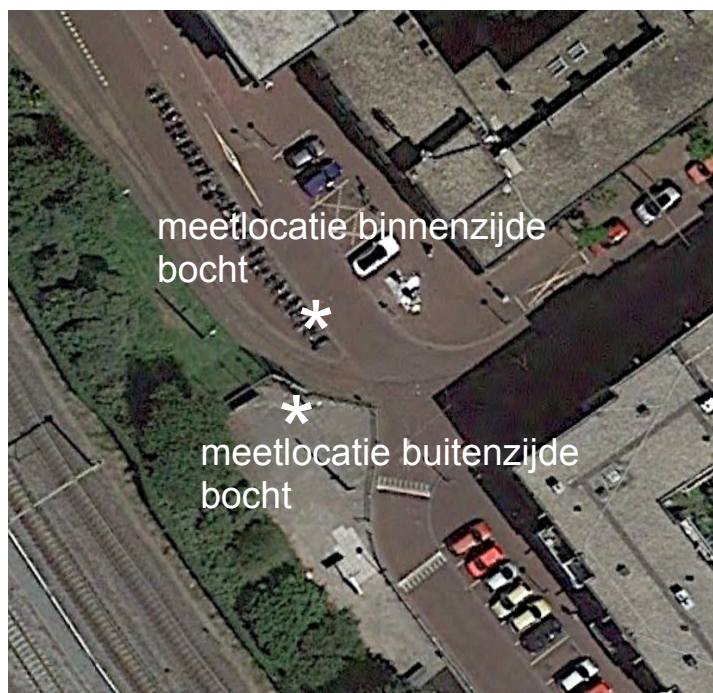
Figuur 2.5 toont het betreffende deel van de keerlus waarbij deze is aangeduid met een rode lijn.

f2.5 Ligging keerlus



Figuur 2.6 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.6 Ligging meetlocatie



Voor wat betreft de meetsystematiek wordt korthedshalve verwezen naar paragraaf 2.3.2.

Tabellen 2.10 t/m 2.12 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in de X, Y en Z richting.

t2.10 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale X richting

tijdstop passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale X richting	
	5 m afstand binnenzijde bocht	5 m afstand buitenzijde bocht
10:57	0.28	0.19
11:07	0.55	0.35
11:28	0.41	0.28
11:35	0.21	0.22
11:49	0.21	0.3
11:59	0.72	0.6
12:09	0.78	0.72

t2.11 Resultaten maximale trillingsterkte in horizontale Y richting

tijdstop passage	maximale trillingsterkte [-] in horizontale Y richting	
	5 m afstand binnenzijde bocht	5 m afstand buitenzijde bocht
10:57	0.52	0.3
11:07	0.82	0.43
11:28	0.9	0.39
11:35	0.59	0.36
11:49	0.53	0.35
11:59	0.99	1.03
12:09	1.04	0.89

t2.12 Resultaten maximale trillingsterkte in verticale Z richting

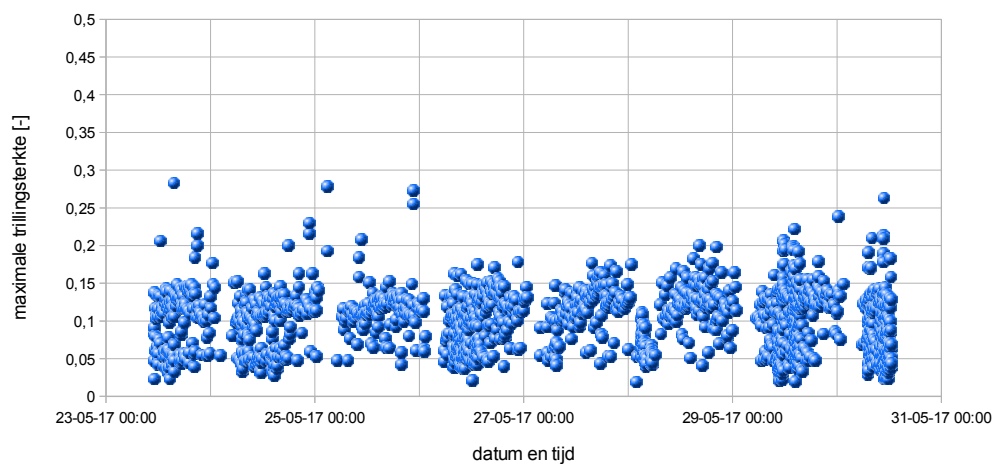
tijdstop passage	maximale trillingsterkte [-] in verticale Z richting	
	5 m afstand binnenzijde bocht	5 m afstand buitenzijde bocht
10:57	0.24	0.31
11:07	0.27	0.48
11:28	0.28	0.47
11:35	0.23	0.47
11:49	0.23	0.42
11:59	0.34	0.83
12:09	0.38	0.94

2.3.4 Treinverkeer

De onbemande metingen die verricht zijn in de bodem geven inzicht in de optredende trillingen over langere tijd.

Illustratief toont figuur 2.7 een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in verticale richting.

f2.7 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem ter plaatse van de voorziene woningbouw, verticale richting



3 Beoordeling trillingen vanwege tram

3.1 Metingen huidige keerlus Muiderstraatweg

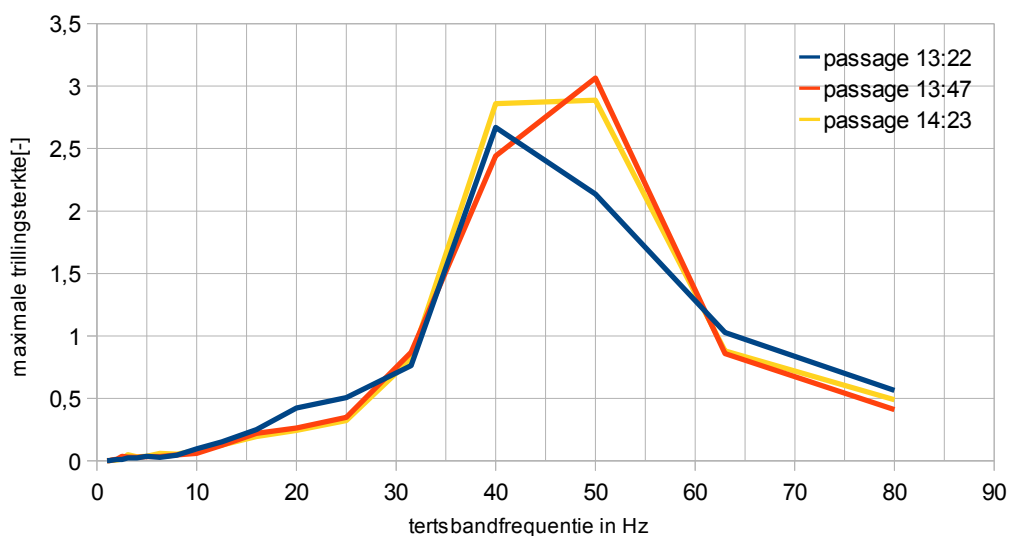
Op basis van de meetresultaten volgt dat de hoogste trillingsterktes zijn gemeten op 5 m afstand tot de binnenzijde van een bocht van de trambaan. Op deze afstand tot de bocht zijn momenteel appartementen voorzien.

Op 5 m afstand tot de buitenzijde van een bocht treden gering lagere trillingsterktes op en op 7 m afstand tot het rechte deel van de trambaan treden aanzienlijk lagere trillingsterktes op in vergelijking met de binnenzijde van een bocht.

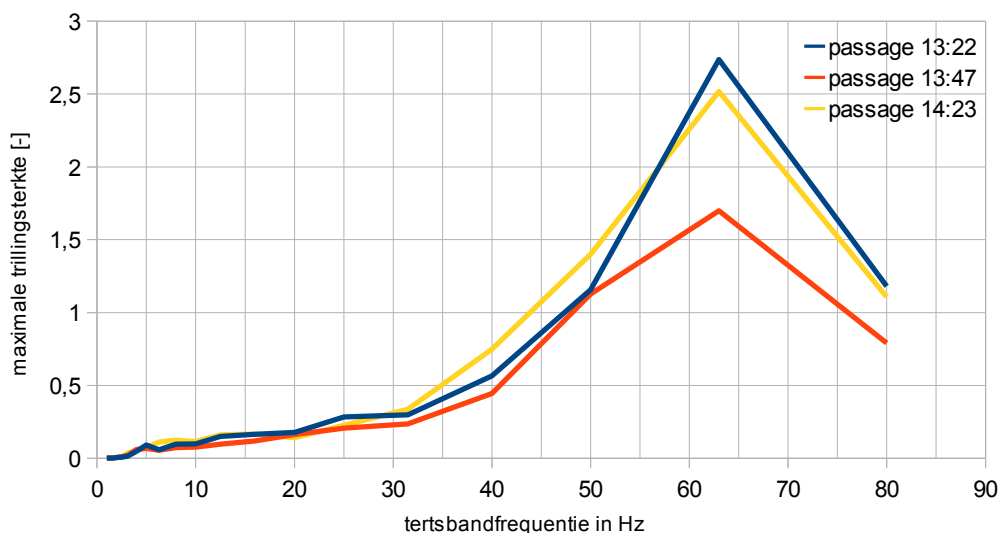
In horizontale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 4,3 in de bodem. In verticale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 3,3 in de bodem. Deze waarden zijn aangetroffen op 5m afstand tot de binnenzijde van de bocht van de trambaan.

Ten behoeve van een beoordeling dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1 en 3.2 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende trampassages in de binnenzijde van de bocht. Figuur 3.1 toont de horizontale X en Y richting waarbij per frequentie de hoogste waarde van beide richtingen is bepaald. Figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale X en Y richting)



f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (verticale Z richting)



De figuren tonen dat als gevolg van een trampassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 40 en 50 Hz in horizontale richting en tussen globaal 60 en 70 Hz in verticale richting.

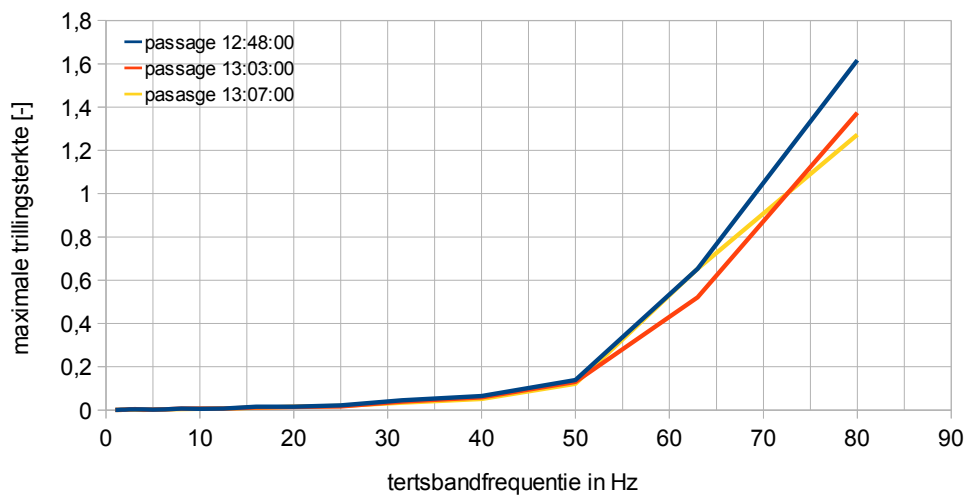
3.2 Metingen trambaan IJburg en Muiderpoortstation

De metingen bij de andere trambanen tonen trillingsterktes tot 1,8 op 5 m afstand van de binnenzijde van een bocht. Deze waarde is aanzienlijk lager dan de trillingsterkte die is gemeten bij de bocht van de keerlus aan de Muiderstraatweg (trillingsterkte tot 4,3).

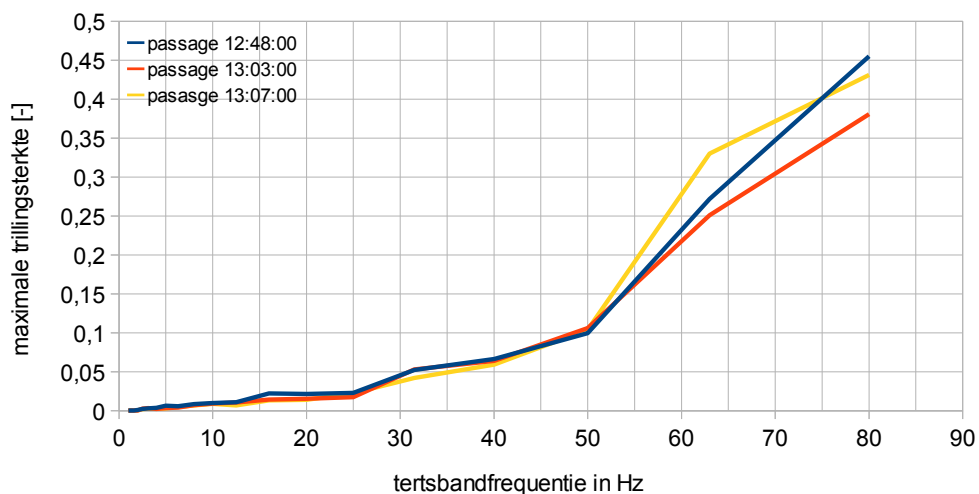
Vervolgens is naar de spectrale inhoud gekeken van de optredende trillingsterktes bij passage in de bocht.

Figuren 3.3 en 3.4 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende trampassages in IJburg. Figuur 3.3 toont de horizontale X en Y richting waarbij per frequentie de hoogste waarde van beide richtingen is bepaald. Figuur 3.4 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale X en Y richting) (IJburg)

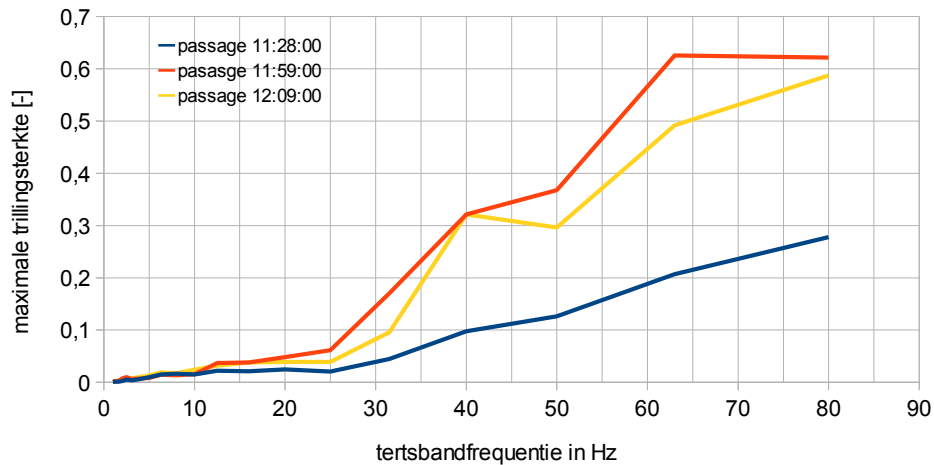


f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (verticale Z richting) (IJburg)

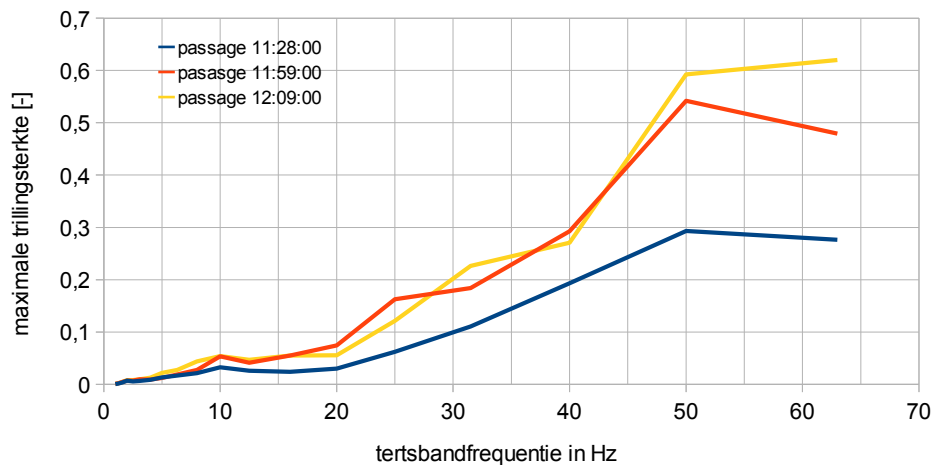


Figuren 3.5 en 3.6 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende trampassages bij het Muiderpoortstation. Figuur 3.1 toont de horizontale X en Y richting waarbij per frequentie de hoogste waarde van beide richtingen is bepaald. Figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale X en Y richting)
(Muiderpoortstation)



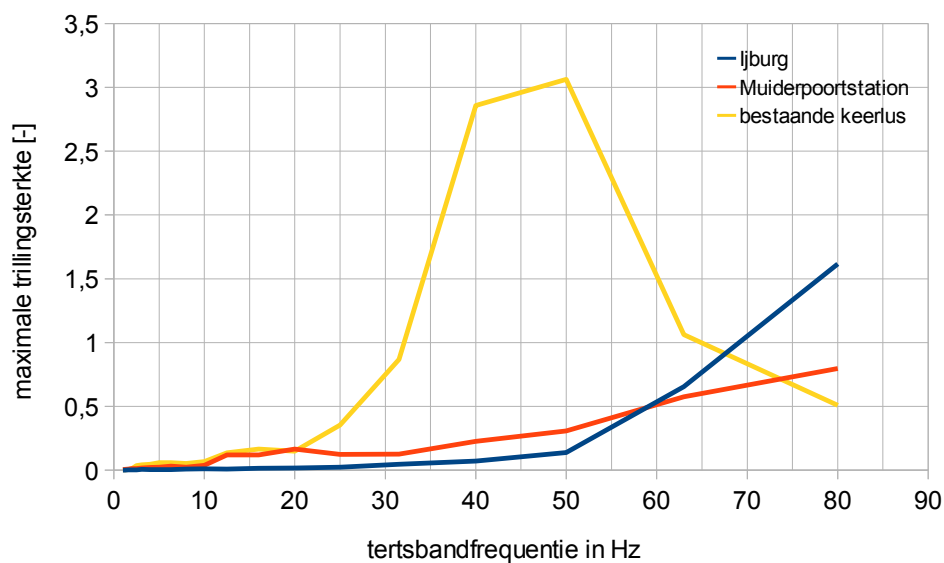
f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (verticale Z richting) (Muiderpoortstation)



Op basis van spectrale verdelingen kan worden gesteld dat sprake is van aanzienlijke verschillen tussen de optredende trillingen bij de binnenzijde van een bocht van de verschillende keerlussen.

Illustratief toont figuur 3.7 de in horizontale richting gemeten trillingen bij de drie verschillende bochten. Hierbij is van alle drie de bochten de maximum waarde per tertsbands over alle passages getoond.

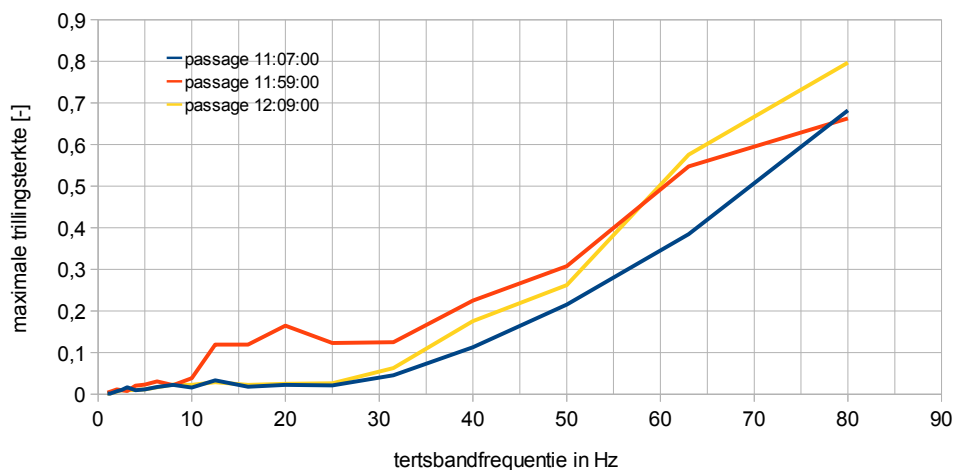
f3.7 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale richting)



Zoals te zien in figuur 3.7 is met name in het frequentiegebied tot ca. 60 Hz sprake van aanzienlijk hogere trillingniveaus bij de bestaande keerlus bij de Muiderstraatweg.

Bij de trambaan bij het Muiderpoortstation zijn ook metingen verricht aan de buitenzijde van de bocht. Volledigheidshalve toont figuur 3.8 de in horizontale richting optredende trillingsterkte op 5 m afstand tot de bocht.

f3.8 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de trampassages (horizontale X en Y richting) (Muiderpoortstation)



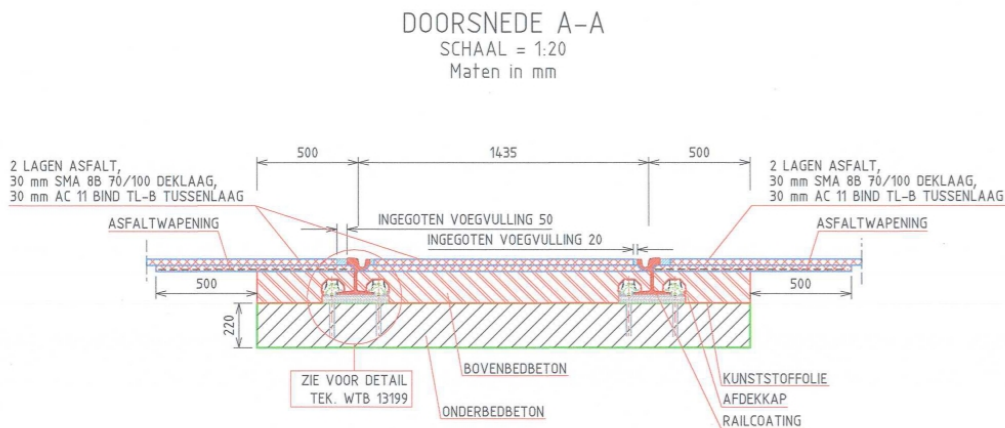
Op basis van de spectrale verdeling in figuur 3.8 en de spectrale verdeling in figuur 3.5 volgt dat de optredende trillingen aan de buitenzijde van de bocht van de trambaan bij het Muiderpoortstation vergelijkbaar zijn met de binnenzijde.

3.3 Motivering te verwachten trillingen nieuwe keerlus

Op basis van de meetresultaten aan de verschillende trambanen volgt dat sprake is van aanzienlijke verschillen tussen de optredende trillingniveaus bij de bestaande keerlus aan de Muiderstraatweg en de keerlussen in IJburg en bij het Muiderpoortstation.

De toekomstige keerlus bij deelplan M en T wordt nieuw aangelegd. Om inzicht te krijgen in de aangetroffen verschillen tussen de keerlussen is beschouwd in hoeverre de opbouw van de trambanen overeenkomt danwel afwijkt. Figuur 3.9 toont het dwarsprofiel van een bocht van de voorziene trambaan.

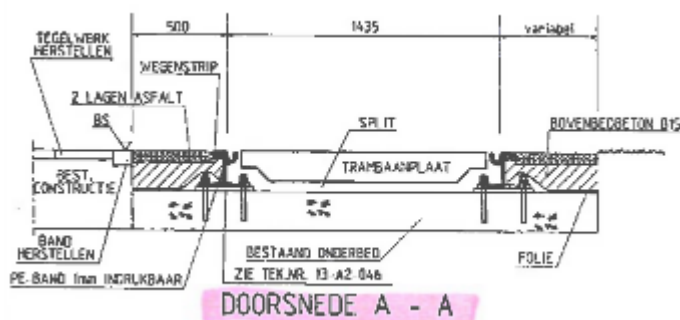
f3.9 Dwarsprofiel bocht nieuwe keerlus



Figuur 3.9 toont dat de rails worden bevestigd op 22 cm onderbedbeton. Op het onderbedbeton en tussen de rails is bovenbedbeton voorzien.

Bij vergelijking met de opbouw van de drie gemeten keerlussen volgt dat de voorziene opbouw (fig. 3.9) het meest overeenkomt met de opbouw van de trambaan bij het Muiderpoortstation. Figuur 3.10 toont de opbouw van de trambaan bij een bocht bij dit Muiderpoortstation.

f3.10 Dwarsprofiel bocht keerlus Muiderpoortstation



Zoals te zien in figuur 3.10 heeft de trambaan bij het Muiderpoortstation ook bovenbedbeton naast de rails. De verwachting is dan ook dat de trillingen in de toekomstige situatie het meest overeen zullen komen met de trambaan bij het Muiderpoortstation.

Bij de huidige keerlus aan de Muiderstraatweg is geen bovenbedbeton aanwezig. Een mogelijke reden voor het verschil in gemeten trillingsnelheid kan zijn dat deze betondelen ervoor zorgen dat de stijfheid van de trambaan in horizontale richting wordt vergroot zodat

de krachten vanwege een rijdende tram in horizontale richting minder worden doorgegeven aan de bodem dan bij een trambaan zonder bovenbedbeton.

Een andere reden voor de hogere trillingniveaus bij de bestaande trambaan aan de Muiderstraatweg kan mogelijk gerelateerd zijn aan de ligging en het onderhoud van deze trambaan. Op basis van bezoek ter plaatse lijken op dit moment zowel ligging als staat van onderhoud niet optimaal. Deze factoren zijn van invloed op de trillingniveaus. Bij een trambaan geldt dat hoe groter de oneffenheden en overgangen in de rails hoe hoger de optredende trillingniveaus.

In overleg met de gemeente Diemen is gezien het bovenstaande besloten om de gemeten trillingen bij de bocht van de trambaan bij het Muiderpoortstation als basis te nemen voor de bochten van de nieuwe keerlus. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat voor de trillingen als gevolg van de rechte delen de huidige keerlus aan de Muiderstraatweg als basis blijft dienen. Voor de rechte delen kan dit worden gezien als een worst case aanname.

3.4 Geprojecteerde woningen

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de toekomstige appartementen dienen de nu in de bodem gemeten waarden in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging in de gebouwen. Deze opslinging kan in verticale richting veroorzaakt worden door (vrij overspannen) vloervelden en in horizontale richting kan de gebouwconstructie verder nog voor opslinging zorgen.

Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB (afname met factor 3). Deze demping wordt bepaald door de wijze van funderen waarbij een demping van 10 dB als worstcase kan worden aangemerkt voor de hogere frequenties. Een zwaar uitgevoerd fundament zal hoogfrequent (>40 Hz) aanzienlijk meer demping opleveren, mogelijk tot 20 dB.

De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de trampassages en kan 10 tot 15 dB (factor 3 tot 5) bedragen. De opslinging van de gebouwconstructie hangt af van eventuele samenvallende gebouwresonanties met het excitatiespectrum van de trampassages en kan eveneens een factor 3 tot 5 bedragen. De versterking als gevolg van de gebouwresonanties is op basis van onze ervaring met vergelijkbare projecten in het algemeen beperkt tot het frequentiegebied van ca. 4 Hz tot ca. 16 Hz terwijl de versterking als gevolg van vloerresonanties in het algemeen beperkt is tot het frequentiegebied van ca. 8 tot 31,5 Hz.

De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 3.1 en 3.2 in combinatie met de aangegeven dempingen en versterkingen resulteren in een maximaal te verwachten trillingsterkte in woningen tot 0,6 in horizontale richting en 0,6 in verticale richting.



In aanvulling op het bovenstaande volledigheidshalve het volgende. Dit onderzoek betreft (voelbare) trillingen. Conform de systematiek van de SBR B worden trillingen met frequenties hoger dan 80 Hz niet meegenomen. De trillingen boven 80 Hz zijn in IJburg en bij het Muiderpoortstation juist hoger dan bij de huidige keerlus in Diemen. Als het gaat om eventueel hoorbaar geluid in de woningen veroorzaakt door constructiegeluid (trillingen die door de bodem aan de bouwkundige constructie worden aangeboden waardoor deze constructie geluid kan afstralen), zijn IJburg en Muiderpoortstation juist ongunstiger dan Diemen.

4 Beoordeling trillingen vanwege trein

4.1 Meting

Op basis van de meetresultaten in de bodem volgt dat de hoogste trillingsterktes bepaald worden door goederentreinen. De hoogste waarden zijn opgetreden vanwege een passage op 25 mei 2:54 uur.

Tabel 4.1 toont voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting de gemeten maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de drie maatgevende goederentreinpassages en de twee maatgevende passagierstreinpassages.

t4.1 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem

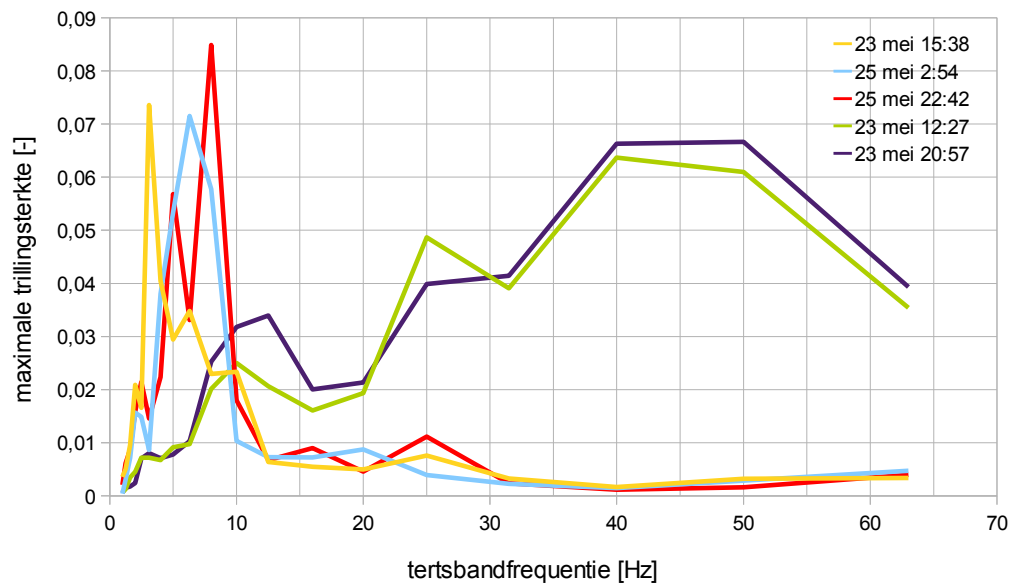
Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
23 mei 15:39 uur, goederentrein	0.11	0.13	0.28
25 mei 2:54 uur, goederentrein	0.12	0.19	0.28
25 mei 22:42 uur, goederentrein	0.12	0.15	0.27
23 mei 12:27 uur, passagierstrein	0.12	0.14	0.21
23 mei 20:57 uur, passagierstrein	0.13	0.13	0.2

In horizontale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 0,19 als gevolg van een goederentrein. In verticale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 0,28 als gevolg van een goederentrein.

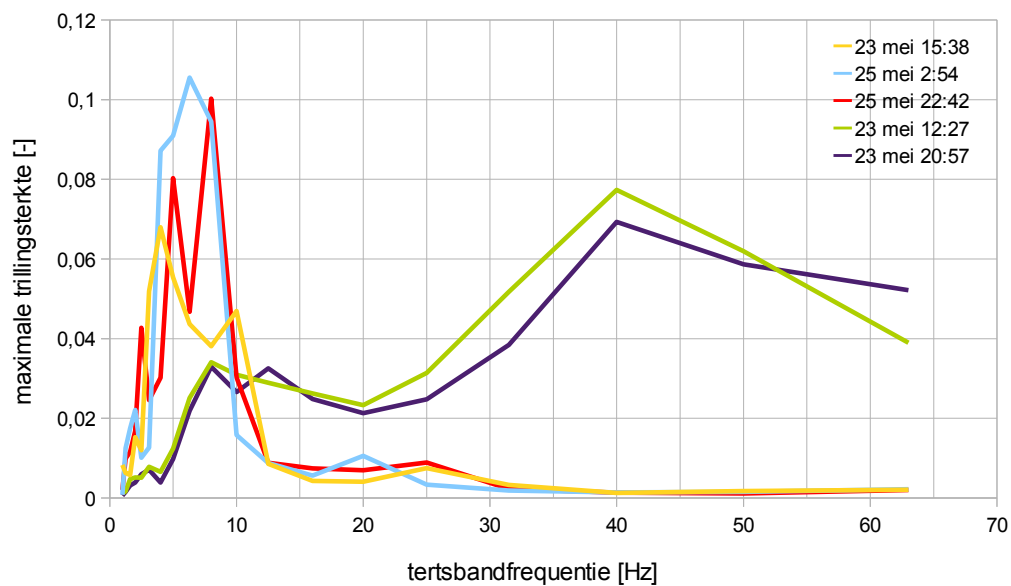
Passagierstreinen resulteren in een maximale trillingsterkte tot 0,14 in horizontale richting en 0,21 in verticale richting.

Ten behoeve van een beoordeling dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 4.1 t/m 4.3 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages voor de horizontale X en Y en de verticale Z richting.

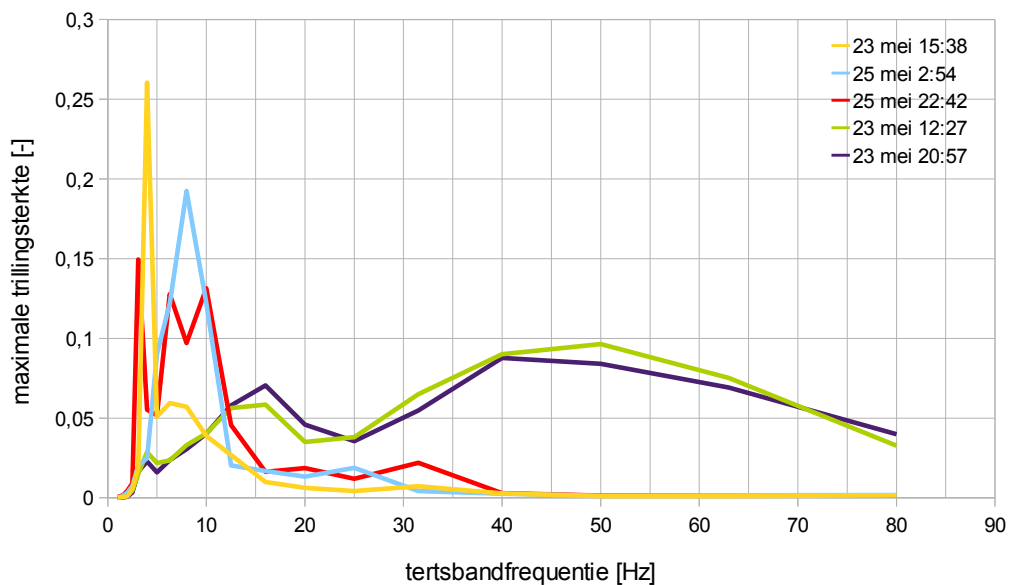
f4.1 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting)



f4.2 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting)



f4.3 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting)



De figuren 4.1 t/m 4.3 tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 4 en 10 Hz.

4.2 Geprojecteerde woningen

De aangegeven trillingsterkten zijn gemeten in de bodem.

Gezien het indicatieve karakter van het huidige onderzoek is de beoordeling beperkt tot de dichtstbij het spoor gelegen bouwdelen van het bouwplan. Deze bouwdelen betreffen appartementen die voorzien zijn op ca. 45 m afstand tot het spoor.

Om de gemeten trillingsterkten vervolgens te kunnen beoordelen dienen de waarden in de bodem in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging van (vrij overspannen) vloervelden. Hierbij is de mogelijke opslinging voor de voorziene appartementen beperkt tot de verticale richting. In horizontale richting wordt geen relevante opslinging verwacht.

De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan circa een factor 3 bedragen.



De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 4.1 in combinatie met de aangegeven versterkingen resulteren in een maximaal te verwachten trillingsterkte in woningen van 0,6 in verticale richting en 0,2 in horizontale richting.

5 Toetsing

5.1 Toetsingskader

Zoals eerder aangegeven is bij de beoordeling aansluiting gezocht bij de richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen' van de Stichting Bouwresearch (SBR B).

Tabel 4.1 toont de van toepassing zijnde streef- en grenswaarden conform de SBR B (nieuwe situaties, herhaald voorkomende trillingen).

t5.1 Overzicht streefwaarden conform SBR B

	dag en avond			nacht		
	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]
woning	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Volgens de SBR dient de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in eerste instantie getoetst te worden aan A₁. Indien hieraan voldaan wordt is sprake van een acceptabele situatie. Indien niet wordt voldaan aan A₁ dient de maximale trillingssterkte getoetst te worden aan A₂.

Bij overschrijding van A₂ is sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie. In het geval dat wordt voldaan, dient de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de betreffende ruimte (V_{per}) getoetst te worden aan A₃. Bij overschrijding van A₃ is wederom sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie.

Opgemerkt wordt dat de streefwaarden van de SBR in principe in het onderhavige geval geen wettelijke grenswaarden zijn.

Volledigheidshalve nog de kanttekening dat het voldoen aan de streefwaarden van de SBR niet inhoudt dat geen sprake zal zijn van voelbare trillingen. De waarde van 0,1 wordt normaliter gezien als de voelbaarheidsgrens. Een streefwaarde van $V_{\max}$ van 0,2 in woningen sluit derhalve niet uit dat bepaalde passages voelbaar kunnen zijn.

5.2 Toetsing tram

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A₁ van 0,1. Deze waarde zal, gezien de verwachte maximale trillingsterkte tot 0,6 in de geprojecteerde appartementen, ruim worden overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde A₂ relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende trams

geldt een maatgevende A_2 van 0,2 (conform de huidige dienstregeling arriveert de eerste tram om 05.53 uur en de laatste om 00.52 uur).

Ook deze waarde zal worden overschreden waarmee sprake is van een in relatie tot de SBR B niet zonder meer inpasbare situatie. De streefwaarde A_2 wordt met een factor 3 overschreden.

Hoewel toetsing van de trillingsterkte V_{per} daarmee in principe niet meer aan de orde is, is volledigheidshalve wel de V_{per} bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

Uitgaande van de huidige dienstregeling van tramlijn 9 en de te verwachten maximale trillingsterkte in de appartementen van 0,6 optreedt kan een gemiddelde trillingsterkte V_{per} worden vastgesteld van maximaal 0,16 in de dagperiode, 0,14 in de avondperiode en 0,13 in de nachtperiode. Hiermee wordt ook deze streefwaarde overschreden met maximaal een factor 3 à 4.

5.3 Toetsing trein

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A_1 van 0,1. Deze waarde zal, gezien de verwachte maximale trillingsterkte tot 0,6 in de geprojecteerde appartementen, ruim worden overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde A_2 relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende treinen geldt een maatgevende A_2 van 0,2.

Ook deze waarde zal worden overschreden waarmee sprake is van een in relatie tot de SBR B niet inpasbare situatie. Deze waarde wordt met een factor 3 overschreden.

Hoewel toetsing van de trillingsterkte V_{per} daarmee in principe niet meer aan de orde is, is volledigheidshalve wel de V_{per} bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

Op basis van de metingen is een gemiddelde trillingsterkte V_{per} vastgesteld van maximaal 0,12 in de dagperiode, 0,09 in de avondperiode en 0,06 in de nachtperiode. Hiermee wordt deze streefwaarde overschreden met maximaal een factor 2.

6 Conclusie

6.1 Optredende trillingen

Op basis van de verrichte metingen kan worden geconcludeerd dat de in het kader van trillinghinder in woningen na te streven waarden zoals aangegeven in de Richtlijn deel B “Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn” van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006 ruim zullen worden overschreden.

Teneinde te voldoen aan de criteria van de SBR B dienen de trillingsterkten als gevolg van passerende trams naar verwachting met een factor 3 à 4 gereduceerd te worden.

De hoogste waarden treden op in plandeel T. In plandeel M zullen naar verwachting de trillingniveaus lager zijn aangezien daar de optredende trillingen met name worden veroorzaakt door het rijden over het rechte deel van de trambaan en het rijden door een aantal bochten.

Als gevolg van passerende treinen zullen de na te streven waarden eveneens worden overschreden. De trillingsterkten dienen naar verwachting met een factor 3 te worden gereduceerd om te voldoen.

6.2 Aandachtspunten

Ten aanzien van de bovenstaande conclusie dient te worden opgemerkt dat de overschrijding met een factor 3 wordt bepaald door het rijden door de bochten.

Aangezien de keerlus volledig nieuw wordt ingericht zal verschil in materieel, andere rijsnelheid en verschil in uitvoering trambaan ook van invloed zijn op de optredende trillingen in de bodem en daarmee ook in woningen. De mogelijke invloed wordt in het navolgende deel nader toegelicht.

De huidige metingen zijn verricht aan de bestaande trambaan. Op deze tramlijn rijdt het GVB met Combino's (13G- en 14G-serie), tramnummers 2073 t/m 2130 die ook ingezet worden op de lijnen 3, 4, 7, 12 en 14.

De 15G-trams die naar verwachting vanaf 2020 in Amsterdam geïntroduceerd worden, zullen in eerste aanleg niet op deze tramlijn gaan rijden.

De te verwachten trillingsterktes in de appartementen zijn afhankelijk van het trammaterieel dat in de toekomstige situatie daadwerkelijk wordt ingezet. Indien afwijkend materieel wordt ingezet zullen de optredende trillingniveaus ook afwijken.

In de huidige berekeningen zijn worstcase aannames gemaakt ten aanzien van het fundament. Met name een zwaar uitgevoerd fundament zal voor frequenties hoger dan 40

Hz voor een grotere demping zorgen van bodem naar fundament zodat de trillingen vanuit de bodem meer worden gereduceerd. Een hogere trillingreductie resulteert in lagere trillingniveaus in de appartementen.

Een ander aandachtspunt betreft de afstand tot de trambaan. Op basis van de trillingmetingen volgt dat de trillingen in de bodem op grotere afstand tot de trambaan snel afnemen. Dit betekent dat indien de appartementen op grotere afstand tot de trambaan gerealiseerd kunnen worden ook relevante lagere trillingniveaus zullen optreden in de appartementen.

In een later stadium kan indien de daadwerkelijke constructieve en bouwkundige uitvoering bekend is, middels uit te voeren dynamische (eindige elementen) berekeningen nader inzicht gegeven worden in mogelijkheden om de trillingsterkten te reduceren. Ook kunnen middels deze berekeningen inzicht worden verkregen in de optredende trillingsterkten in het gehele gebouw en in hoeverre de overschrijding lokaal of juist in het overgrote deel van het gebouw optreedt.

6.3 Inpasbaarheid bestemmingsplan

Op basis van ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als technisch oplosbaar. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels deze maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om het bestemmingsplan vast te stellen.

Dit rapport bevat 34 pagina's

Mook,

