



Cartesiusdriehoek te Utrecht

Aanvullend onderzoek trillingen



Cartesiusdriehoek te Utrecht

Aanvullend onderzoek trillingen

opdrachtgever	NS Stations
rapportnummer	HC 5534-30-RA-001
datum	19 december 2019
referentie	██████████ 5534-30-RA-001
verantwoordelijke	██
opsteller	██

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Uitgangspunten	6
2.1	Juridische status plangebied	6
2.2	Aangenomen ontwerp	7
2.3	Bodemeigenschappen	8
3	Dynamische analyse	9
3.1	Algemeen	9
3.2	Bepaling bronspectrum aanstoting	9
3.3	3D model	17
3.4	Hindercontouren trillingen	18
4	Beoordeling	19
4.1	Gebouw 1	19
4.1.1	Optredende trillingen	19
4.1.2	Mogelijke maatregelen	20
4.2	Gebouw 2	22
4.2.1	Optredende trillingen	22
4.2.2	Mogelijke maatregelen	23
4.3	Gebouw 3	25
4.3.1	Optredende trillingen	25
5	Aandachtsgebied trillingen	27
6	Conclusie	29

1 Inleiding

In opdracht NS Stations te Utrecht is een studie verricht naar trillingreducerende maatregelen die mogelijk toegepast kunnen worden bij de nieuwbouw aan de Cartesiusdriehoek te Utrecht.

De nieuwbouw is gesitueerd tot op ca. 20 m afstand van het spoor. In het kader van de bestemmingsplanwijziging zijn op de betreffende locatie deels reeds uitgebreide trillingmetingen uitgevoerd (rapport HC 5534-5-RA d.d. 1 juni 2018).

Hoewel verkaveling en bouwkundige uitwerking nog niet bekend zijn heeft de gemeente Utrecht verzocht om reeds in dit stadium op basis van dynamische berekeningen aan te tonen dat met gangbare maatregelen aan de na te streven trillingwaarden kan worden voldaan.

De gemeente heeft drie posities aangegeven waar een dergelijke doorrekening gemaakt moet worden, aangeduid met gebouw 1, 2 en 3.

Figuur 1.1 toont de situering van de nieuwbouw.

f1.1 Situering plangebied



In het onderzoek van 2018 zijn op de locatie van gebouw 2 reeds trillingmetingen uitgevoerd gedurende 1 week. Ten behoeve van voorliggend onderzoek zijn dergelijke metingen ook verricht op de locatie van gebouw 1 en 3. De resultaten worden gepresenteerd in deze rapportage.

Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingen in de gebouwen is een Eindige Elementen Methode (EEM) rekenmodel opgesteld van mogelijke bebouwing inclusief bodem. Gezien er nog geen bouwkundig ontwerp beschikbaar is zijn uitgaande van de huidige proefverkaveling op deze drie locaties drie fictieve gebouwen zoals opgenomen in de tekening '2018-09-06_C3H_Bouwhoogtes_indiening' gemodelleerd en doorgerekend. Hierbij zijn aannames gemaakt ten aanzien van toe te passen fundatie, wanden, vloeren etc.

Vervolgens zijn de te verwachten trillingniveaus getoetst aan de SBR B. Daar waar overschrijdingen berekend worden zijn mogelijke maatregelen aangegeven.

2 Uitgangspunten

2.1 Juridische status plangebied

Momenteel wordt het vigerende bestemmingsplan van Cartesiusdriehoek gewijzigd. Ten aanzien van trillingen is de verwachting dat een planvoorschrift wordt opgenomen om een acceptabel woon- en leefklimaat te borgen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan een getrapte voorwaardelijke verplichting met als streefwaarde het voldoen aan de geldende streefwaarden voor nieuwbouw, en mocht dat niet haalbaar blijken, voldoen aan de richtwaarden voor bestaand bouw.

Betreffende de te hanteren methodiek wordt normaliter de SBR richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen' toegepast.

De SBR maakt onderscheid tussen bestaande en nieuwe situaties. Een bestaande situatie betreft een bestaande bron en een bestaande ontvanger en een nieuwe situatie betreft een nieuwe bron of een nieuwe ontvanger.

De navolgende beoordeling gaat in eerste aanleg uit van een nieuwe situatie. Tabel 2.1 toont de in dat geval van toepassing zijnde streefwaarden conform de SBR B die gelden in de maatgevende nachtperiode.

t2.1 Overzicht streefwaarden conform SBR B, nieuwe situaties

	trillingsterkte		
	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]
wonen	0,1	0,2	0,05

De streefwaarden voor bestaande bouw bedragen in de nacht voor A₁ t/m A₃ resp. 0,2, 0,4 en 0,1 en zijn daarmee een factor 2 hoger dan voor nieuwbouw.

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 vervolgens de gemiddelde trillingssterkte 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.

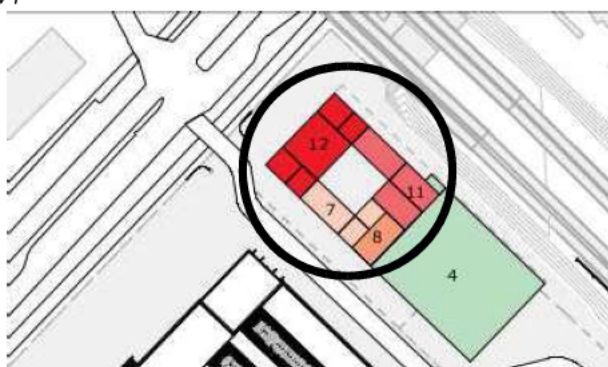
Volledigheidshalve nog de kanttekening dat het voldoen aan de streefwaarden van de SBR niet inhoudt dat geen sprake zal zijn van voelbare trillingen. De waarde van 0,1 wordt normaliter gezien als de voelbaarheidsgrens. Een streefwaarde van $V_{\max}$ van 0,2 in woningen sluit derhalve niet uit dat bepaalde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

2.2 Aangenomen ontwerp

Betreffende de drie gebouwen is uitgegaan van de huidige proefverkaveling van het plangebied (datum 6-09-2018).

In figuur 2.1 is de proefverkaveling van de gebouw 1 weergegeven.

f2.1 Proefverkaveling gebouw 1



Gebouw 1 betreft een gebouw van ongeveer 31 bij 46 meter en heeft 7 tot 12 bouwlagen.

In figuur 2.2 is de proefverkaveling van de gebouw 2 weergegeven.

f2.2 Proefverkaveling gebouw 2



Gebouw 2 betreft een L-vormig gebouw van ongeveer 40 bij 70 meter en heeft 6 tot 8 bouwlagen.

In figuur 2.3 is de proefverkaveling van de gebouw 3 weergegeven.

f2.3 Proefverkaveling gebouw 3



Gebouw 3 betreft een U-vormig gebouw van ongeveer 64 bij 51 meter en heeft 7 tot 8 bouwlagen.

Betreffende de (dragende) muren is uitgegaan van een opbouw van kalkzandsteen ter plaatse van de aangeduide kavels. Betreffende de vloeren is uitgegaan van breedplaatvloeren met een dikte van 30 cm. Voor de fundatie is uitgegaan van een strookfundatie (stroken 0,6 m breed en 0,6 meter diep).

2.3 Bodemeigenschappen

Ten behoeve van de dynamische berekeningen zijn o.a. de bodemeigenschappen benodigd ter plaatse van de nieuwbouw. Deze bodemeigenschappen zijn bepaald op basis van gegevens afkomstig uit het DINoloket.

Daaruit volgt dat het relevante deel van de bodem ter plaatse van de nieuwbouw tot circa 5 meter diepte bestaat uit klei en vanaf 5 meter en dieper uit zand.

3 Dynamische analyse

3.1 Algemeen

Op basis van de genoemde uitgangspunten is een Eindig Elementen Methode (EEM) model opgesteld in 3D met het softwarepakket ANSYS. Met dit model is een uitgebreide dynamische analyse uitgevoerd.

Deze dynamische analyse is in eerste instantie uitgevoerd op basis van een aantal worst case aannames voor wat betreft onder andere de aanstoting.

Het model is zodanig opgesteld dat alle kritische overspanningen worden gezien. Voorts betreft het lineaire rekenmodellen; verondersteld is derhalve dat de optredende verplaatsingen zodanig klein zijn dat het gedrag rond een belastingsituatie gelineariseerd kan worden. Hoewel de modellering een sterke vereenvoudiging weergeeft van de werkelijkheid, kan met een dergelijk model een voldoende nauwkeurige prognose worden gegeven van de te verwachten trillingniveaus.

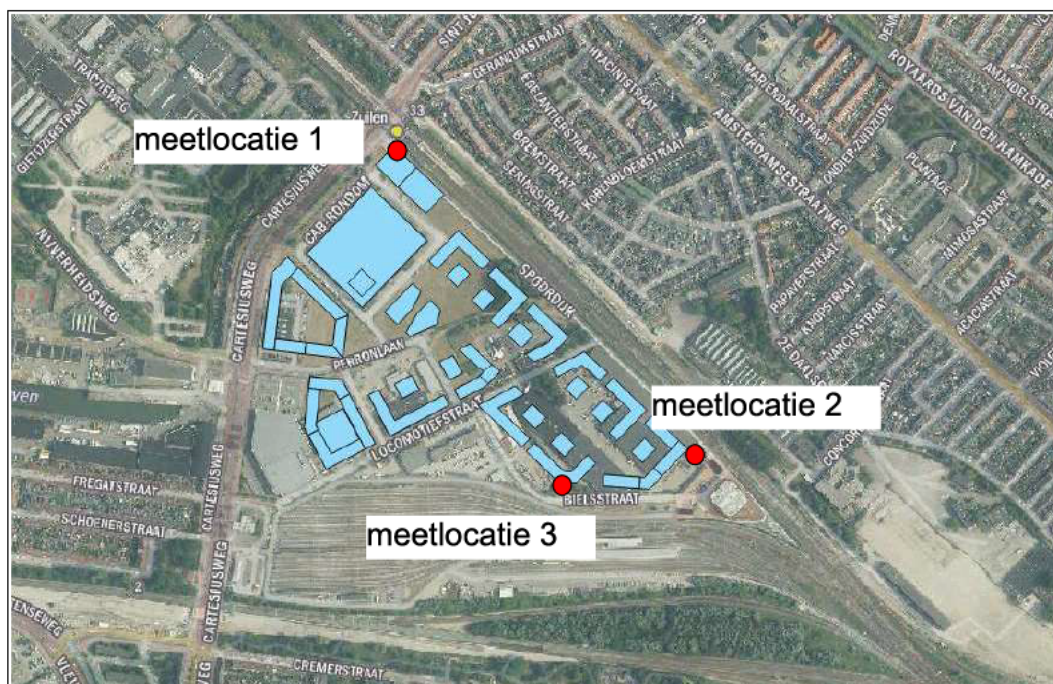
De vloeren en wanden zijn gemodelleerd met zogenaamde shell elementen. De bodem en het fundament zijn gemodelleerd met zogenaamde solid elementen.

Middels een harmonische analyse is ter plaatse waar de treinen rijden de bodem aangestoten. Op basis hiervan is de responsie van het gebouw berekend.

3.2 Bepaling bronspectrum aanstoting

Het bronspectrum van de treinen is gebaseerd op de gemeten trillingsterkte in de bodem ter plaatse van de voorziene locaties. Figuur 3.1 toont de meetlocaties waarbij op meetlocatie 2 reeds in het kader van het vooronderzoek is gemeten. Meetlocatie 2 is representatief geacht voor de optredende trillingen in het oostelijk deel van het plan waar gebouw 2 is voorzien. Meetlocaties 1 en 3 zijn vervolgens zo gekozen zodat ze representatief zijn voor de overige delen van het plan, te weten meest noordelijk deel van het plan (gebouw 1) en het zuidelijke deel van het plan (gebouw 3).

f3.1 Meetlocaties



Hierbij is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan het spoor) en Y (loodrecht op het spoor), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

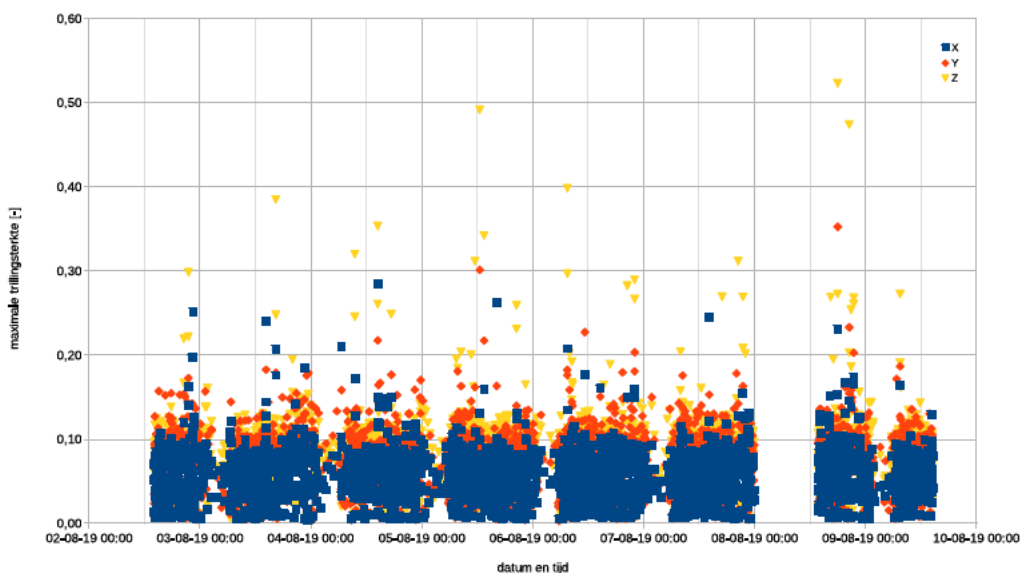
De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is 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.

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

Figuur 3.2 toont een overzicht van de in meetlocatie 1 gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z).

f3.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 1



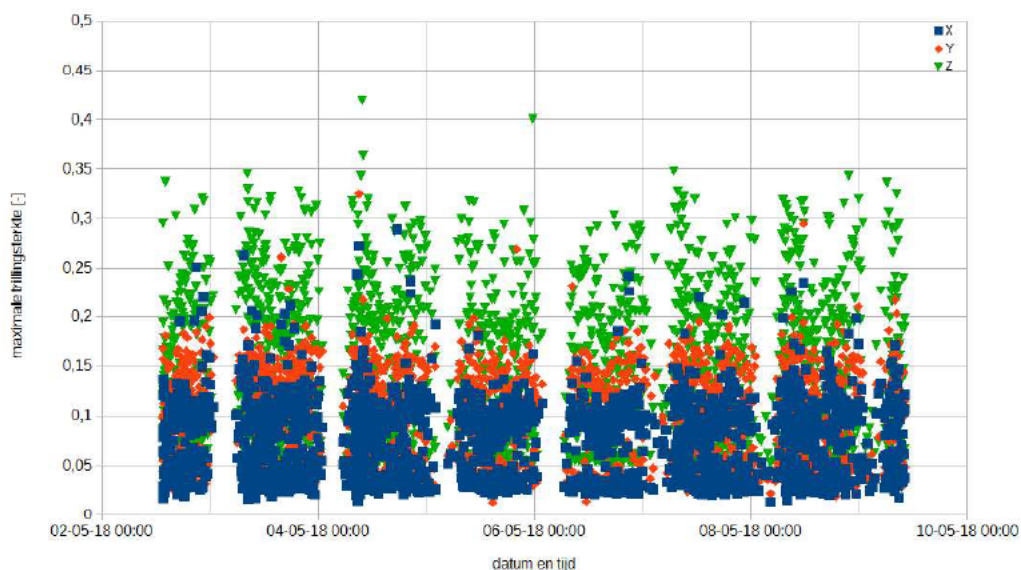
Op basis van de meetresultaten zijn de hoogste trillingsterktes in de bodem bepaald. Tabel 3.1 toont de hoogst optredende trillingsterktes in de bodem als gevolg van de treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t3.1 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 1

Datum en tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
03-08-19 16:25	0,21	0,21	0,39
06-08-19 07:30	0,21	0,18	0,40
08-08-19 18:00	0,23	0,35	0,52
08-08-19 20:31	0,15	0,23	0,47

Figuur 3.3 toont een overzicht van de in meetlocatie 2 gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z).

f3.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 2 (meting 2018)



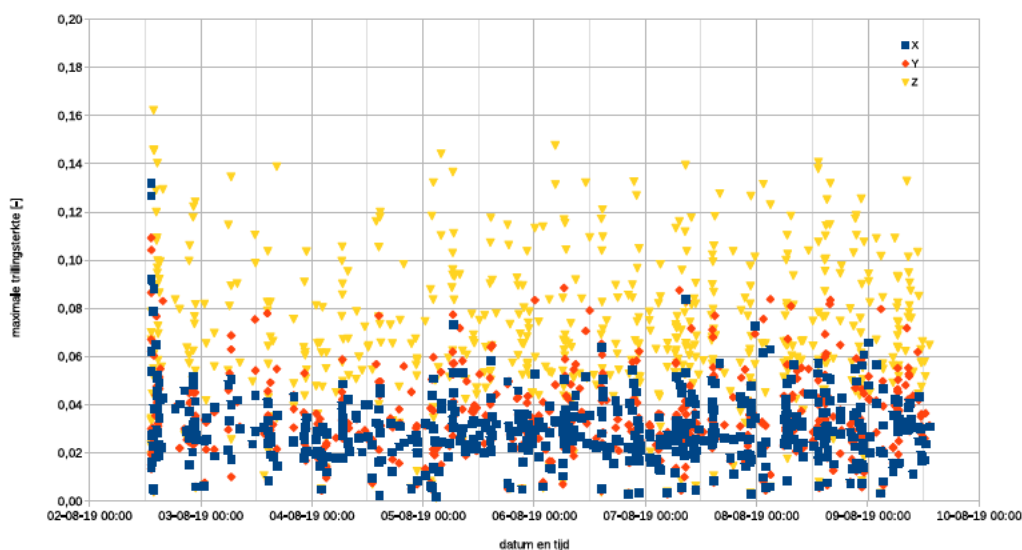
Op basis van de meetresultaten zijn de hoogste trillingsterktes in de bodem bepaald. Tabel 3.2 toont de hoogst optredende trillingsterktes in de bodem als gevolg van de treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t3.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 2

Datum en tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
04-05-18 09:46	0,16	0,18	0,42
04-05-18 10:00	0,15	0,16	0,35
05-05-18 23:38	0,17	0,22	0,36
07-05-18 06:47	0,12	0,18	0,35

Figuur 3.4 toont een overzicht van de in meetlocatie 3 gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z).

f3.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 3



Op basis van de meetresultaten zijn de hoogste trillingsterktes in de bodem bepaald. Tabel 3.3 toont de hoogst optredende trillingsterktes in de bodem als gevolg van de treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

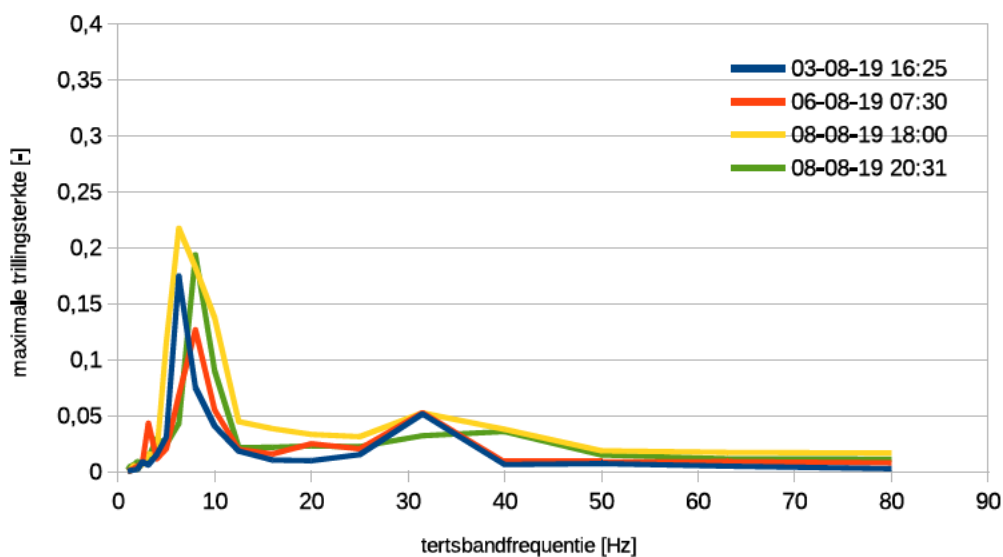
t3.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 3

Datum en tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
02-08-19 13:50	0,08	0,07	0,16
02-08-19 13:54	0,09	0,06	0,15
02-08-19 13:55	0,04	0,03	0,15
05-08-19 03:51	0,04	0,05	0,14
06-08-19 04:32	0,03	0,05	0,15

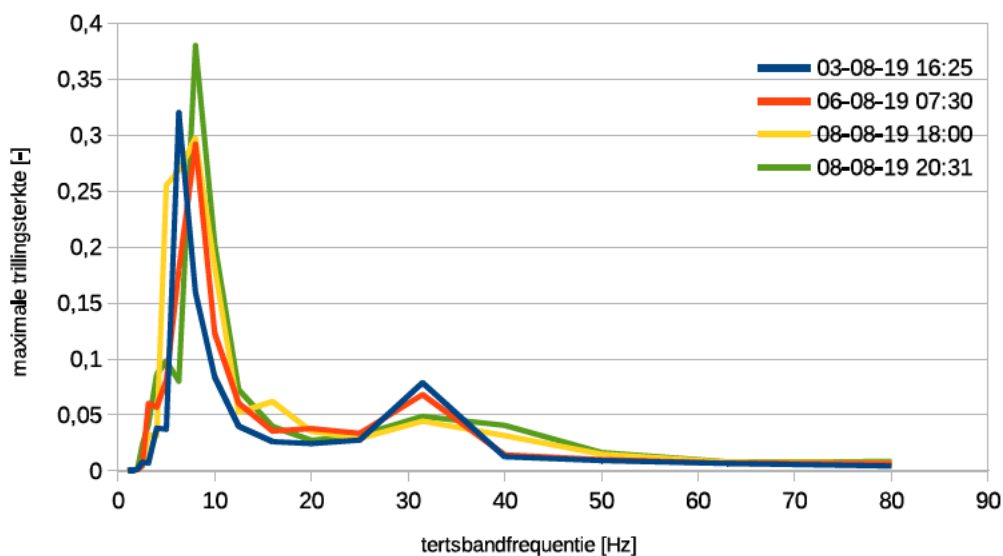
Met betrekking tot deze metingen, verricht aan de zijde van het rangeerterrein, wordt opgemerkt dat deze significant lager zijn dan de metingen bij doorgaand spoor (meetlocatie 1 en 2).

Ten behoeve van de verdere 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 maatgevende treinpassages in meetlocatie 1 in respectievelijk de horizontale Y richting en verticale Z richting, zoals gemeten in de bodem.

f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (horizontale Y richting) ter plaatse van gebouw 1



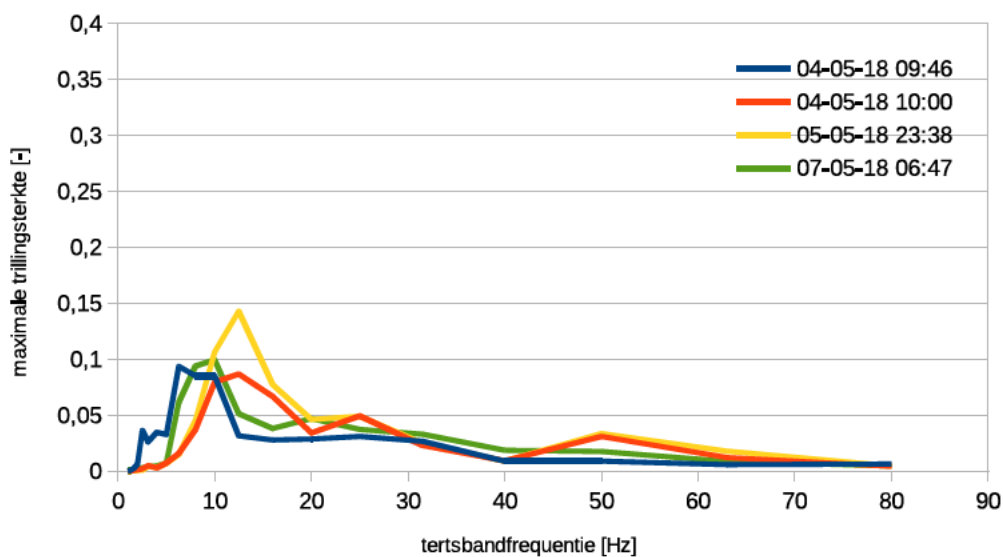
f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (verticale Z richting) ter plaatse van gebouw 1



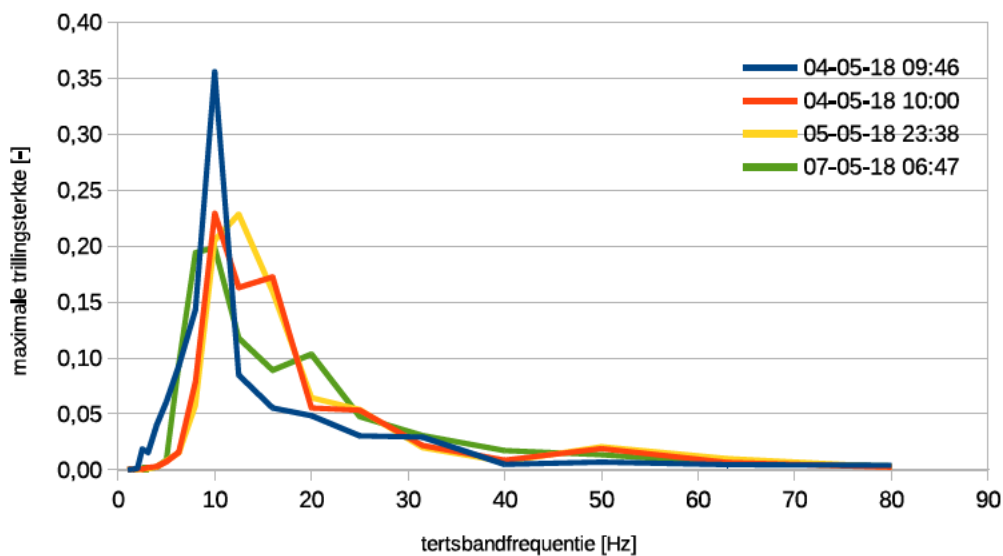
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 4 en 12,5 Hz.

Op vergelijkbare wijzen tonen figuren 3.7 en 3.8 de spectrale verdeling in meetlocatie 2.

f3.7 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (horizontale Y richting) ter plaatse van gebouw 2



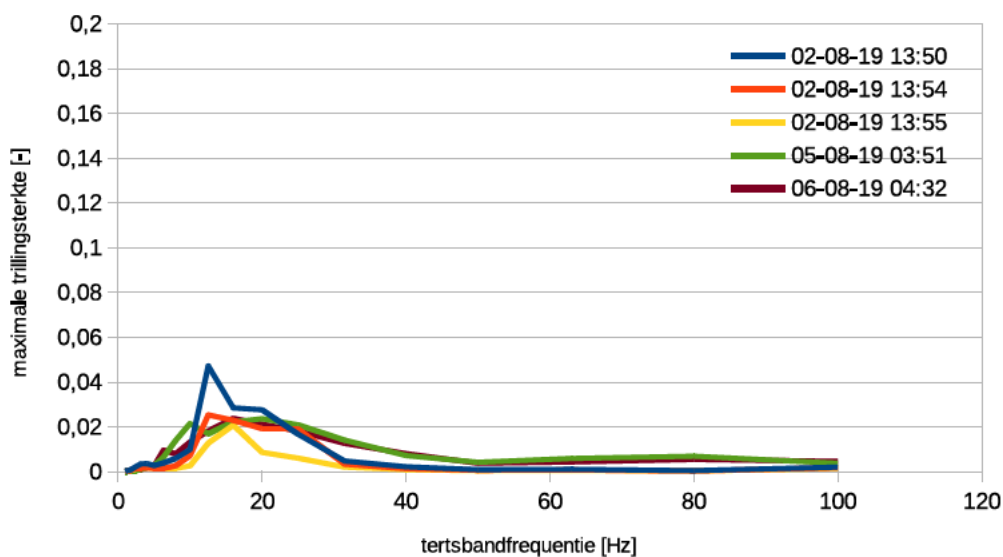
f3.8 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (verticale Z richting) ter plaatse van gebouw 2



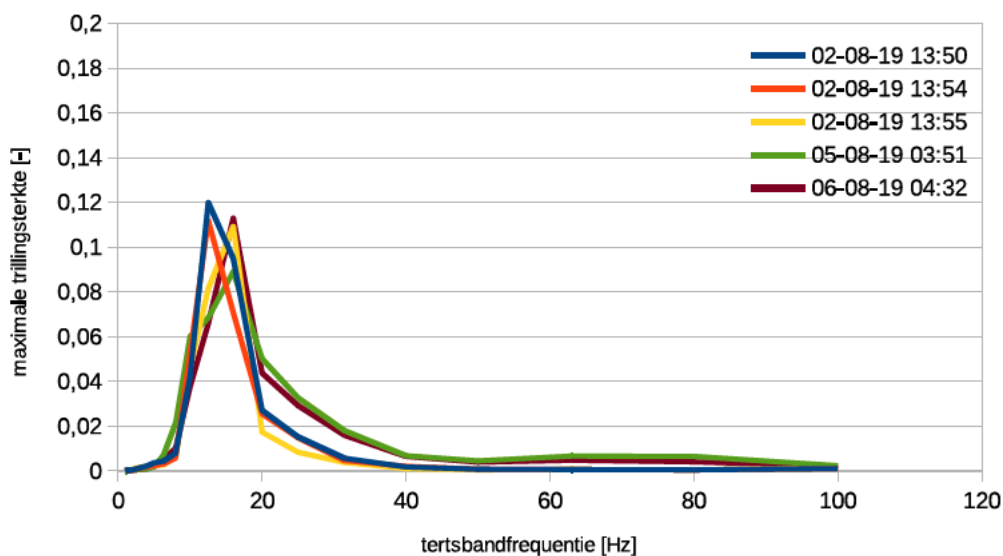
De figuren tonen dat sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 6 en 20 Hz.

Op vergelijkbare wijzen tonen figuren 3.9 en 3.10 de spectrale verdeling in meetlocatie 3.

f3.9 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (horizontale Y richting) ter plaatse van gebouw 3



f3.10 Spectrale verdeling van de trillingsterkte vanwege treinpassages (verticale Z richting) ter plaatse van gebouw 3



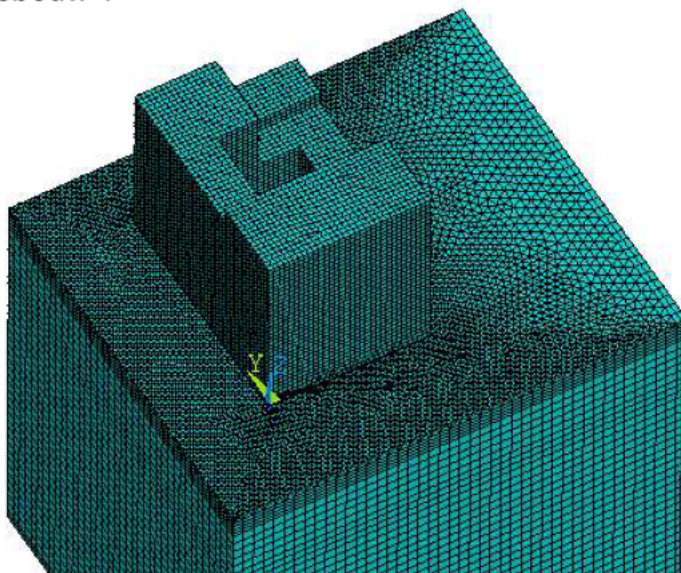
De figuren tonen dat sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 6 en 20 Hz.

3.3 3D model

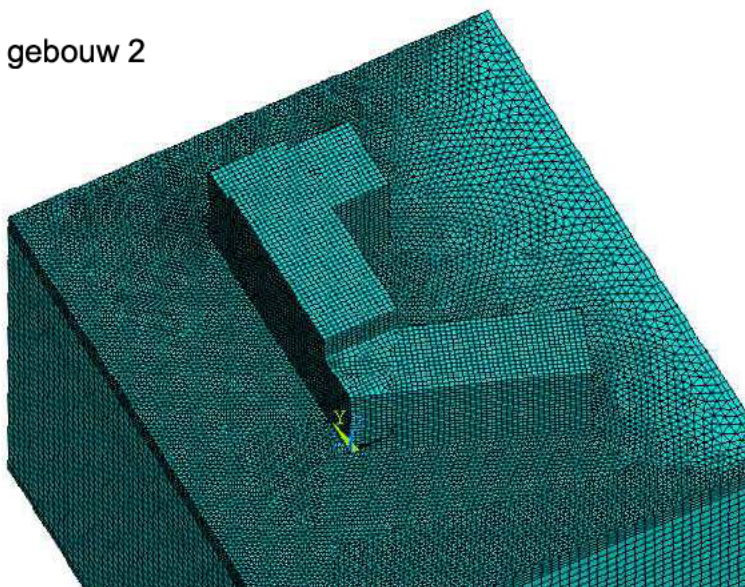
In het softwarepakket ANSYS zijn drie 3D modellen opgesteld, per gebouw één model. In figuur 3.11 zijn de EEM modellen weergegeven.

f3.11 EEM model gebouwen

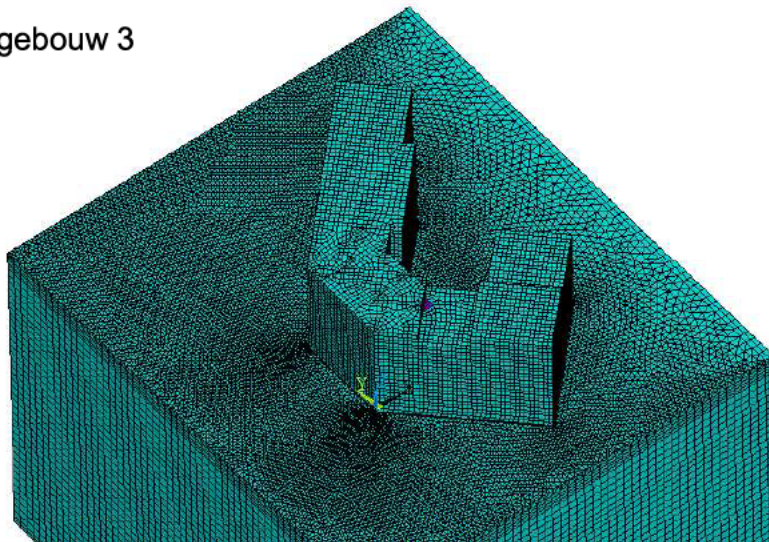
gebouw 1



gebouw 2



gebouw 3



3.4 Hindercontouren trillingen

Op basis van berekeningen zijn de optredende trillingsterktes bepaald in de woonlagen van beide gebouwen. De berekeningen zijn uitgevoerd met de op die locatie maatgevende treinpassages (4 à 5). Navolgend zijn steeds alleen de resultaten van de passage gepresenteerd waarbij sprake is van de hoogste trillingsterkten in het gebouw.

De contouren zijn gegeven van de meest relevante horizontale Y richting (loodrecht op het spoor) en de verticale Z richting (loodrecht op de vloer). De trillingsterkten in horizontale X richting (parallel aan het spoor) zijn minder relevant.

4 Beoordeling

4.1 Gebouw 1

4.1.1 Optredende trillingen

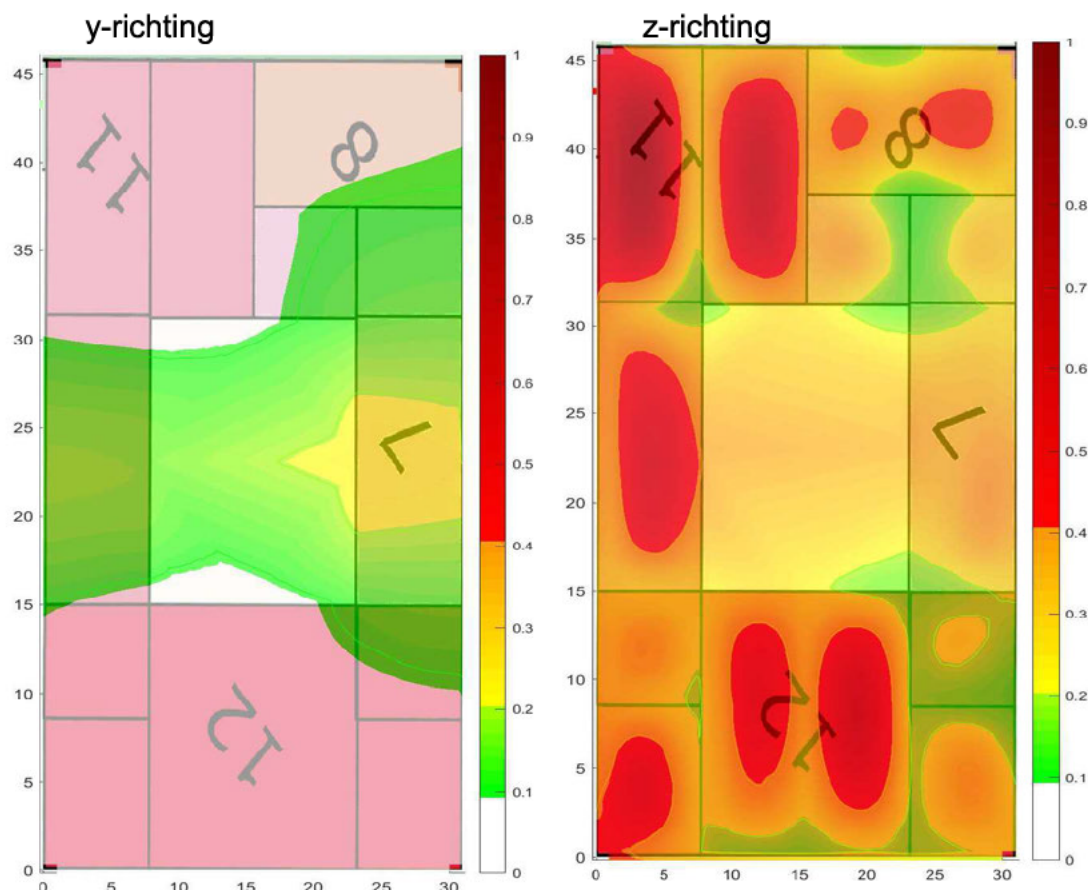
Op basis van de berekeningen met het aangenomen ontwerp volgt dat in het gebouw sprake kan zijn van een maximale trillingsterkte tot 1 in verticale (Z) richting en 0,3 in Y-richting.

Hierbij zijn enkele vloervelden gebaseerd op de proefverkaveling zodat die de afmetingen van circa 14x7,5 meter bezitten. Een dergelijke afmeting zal normaliter geen vloerveld van een woning betreffen en kan worden gezien als de worstcase.

De streefwaarde A_2 bedraagt voor nieuwe situaties 0,2 zodat in dat geval sprake is van een overschrijding met een factor van maximaal 5. Op basis van de berekeningen volgt dat de hoogste trillingsterkten verwacht worden op bouwlaag 1.

In figuur 4.1 zijn de contouren getoond van bouwlaag 1 voor zowel de horizontale als de verticale richting.

f4.1 Maximale trillingsterkte contour, bouwlaag 1



Nader onderzoek toont dat de waarde in zowel horizontale als verticale richting door met name de 8 en 10 Hz tertsband wordt bepaald.

4.1.2 Mogelijke maatregelen

De mogelijke maatregelen zijn in eerste instantie gericht om de trillingen te laten voldoen aan een streefwaarde A_2 van 0,2 (geldend voor nieuwbouw).

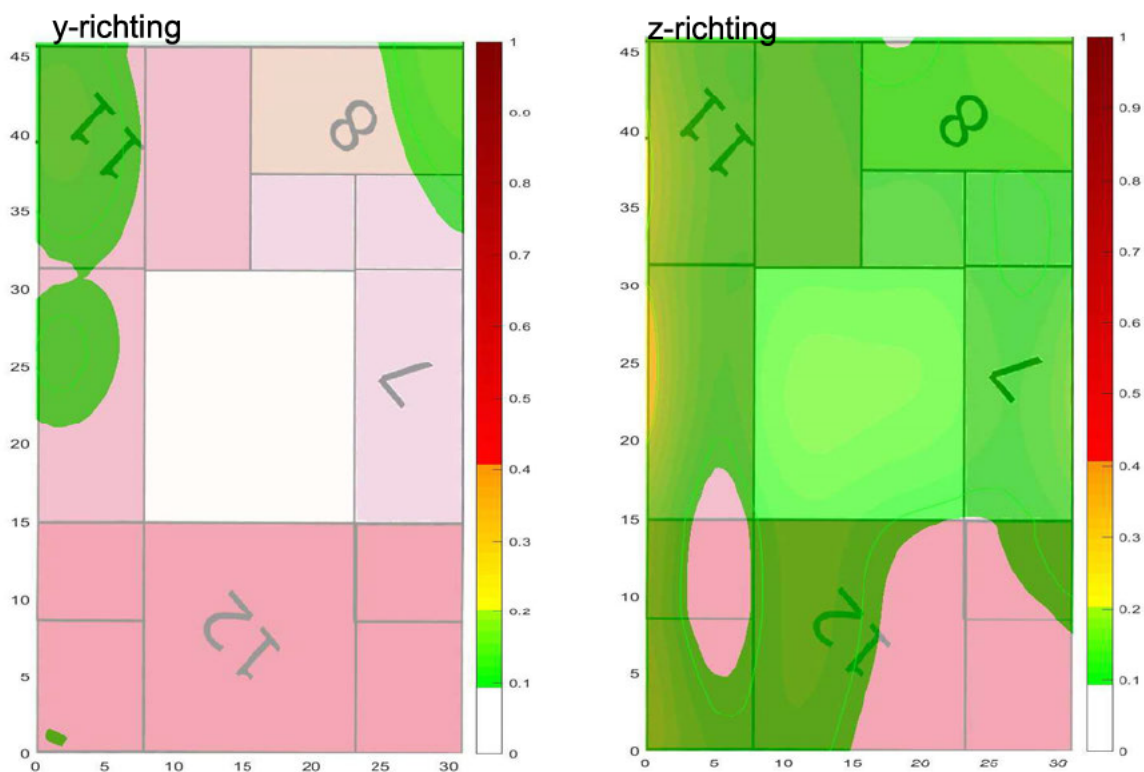
In verband met het laagfrequente karakter van de trillingen in de bodem dient het fundament zwaar te worden uitgevoerd. Hierbij dient te worden gedacht aan een funderingsplaat van 1,5 à 2 meter dik. Deze fundering zorgt ervoor dat de lage frequenties voldoende worden gereduceerd.

Daarnaast dienen met name de vloerfrequenties voldoende hoog te liggen om geen onnodige opslingering te veroorzaken. De vloerfrequenties dienen daarbij boven de 18 Hz te liggen. Om dit te bereiken zijn onder andere meer draagmuren toegepast overeenkomend met gangbare appartementafmetingen waarbij de afstand tussen de

draagmuren maximaal ca. 7 m bedraagt. Voor de draagmuren is uitgegaan van kalkzandsteen met een dikte van 12 cm. Voor de woningscheidende wanden is uitgegaan van een dikte van 2x 12 cm.

Met toepassing van bovengenoemde maatregelen zijn opnieuw contouren berekend. Figuur 4.2 toont de maximale trillingsterkte op vloerniveau 1 als gevolg van de worstcase treinpassage.

f4.2 Maximale trillingsterkte contour, bouwlaag 1, Na maatregelen



Middels deze maatregelen bedraagt de maximale trillingsterkte tot 0,2 in de woningen waarmee wordt voldaan aan de streefwaarde voor nieuwbouw.

4.2 Gebouw 2

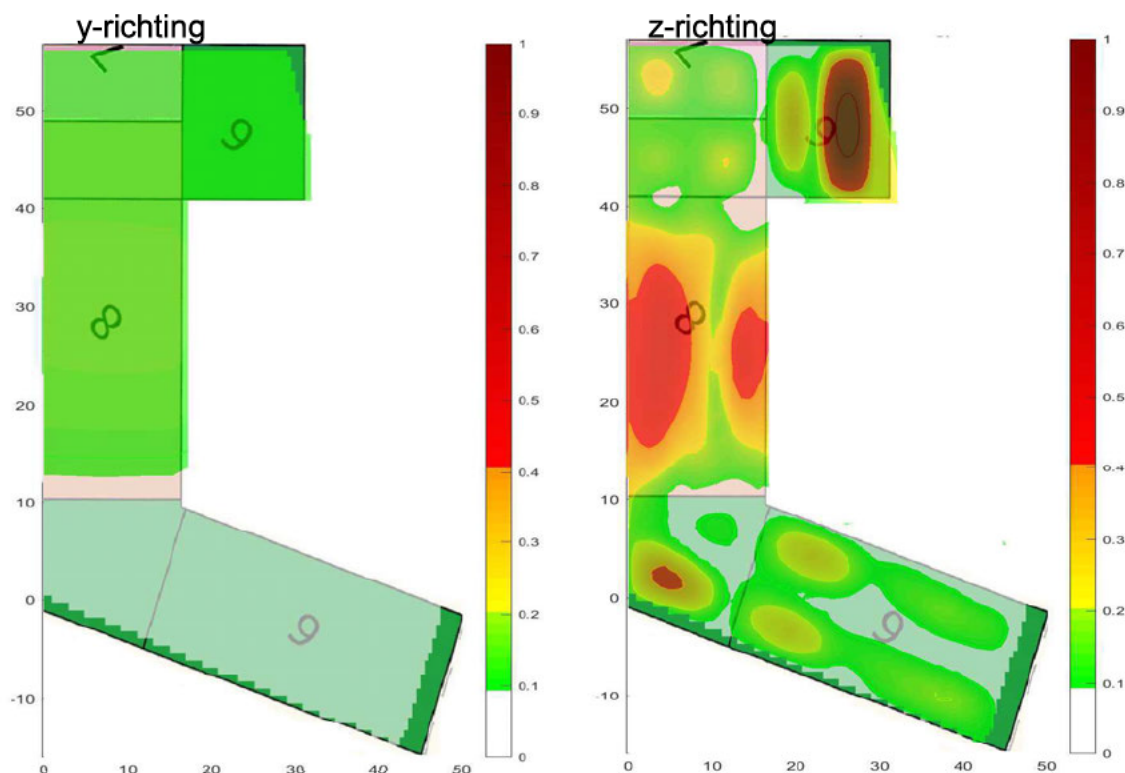
4.2.1 Optredende trillingen

Op basis van de berekeningen met het aangehouden ontwerp volgt dat in gebouw 2 sprake kan zijn van een maximale trillingsterkte tot 1,2 in verticale (Z) richting en <0,2 in Y-richting.

De streefwaarde A_2 bedraagt voor nieuwe situaties 0,2 zodat in dat geval sprake is van een overschrijding met een factor van maximaal 6. Op basis van de berekeningen volgt dat de hoogste trillingsterkten verwacht worden op bouwlaag 7

In figuur 4.3 zijn de contouren getoond van bouwlaag 7 voor zowel de horizontale als de verticale richting.

f4.3 Maximale trillingsterkte contour, bouwlaag 7



Nader onderzoek toont dat de waarde in verticale richting door met name de 10 Hz tertsband wordt bepaald.

4.2.2 Mogelijke maatregelen

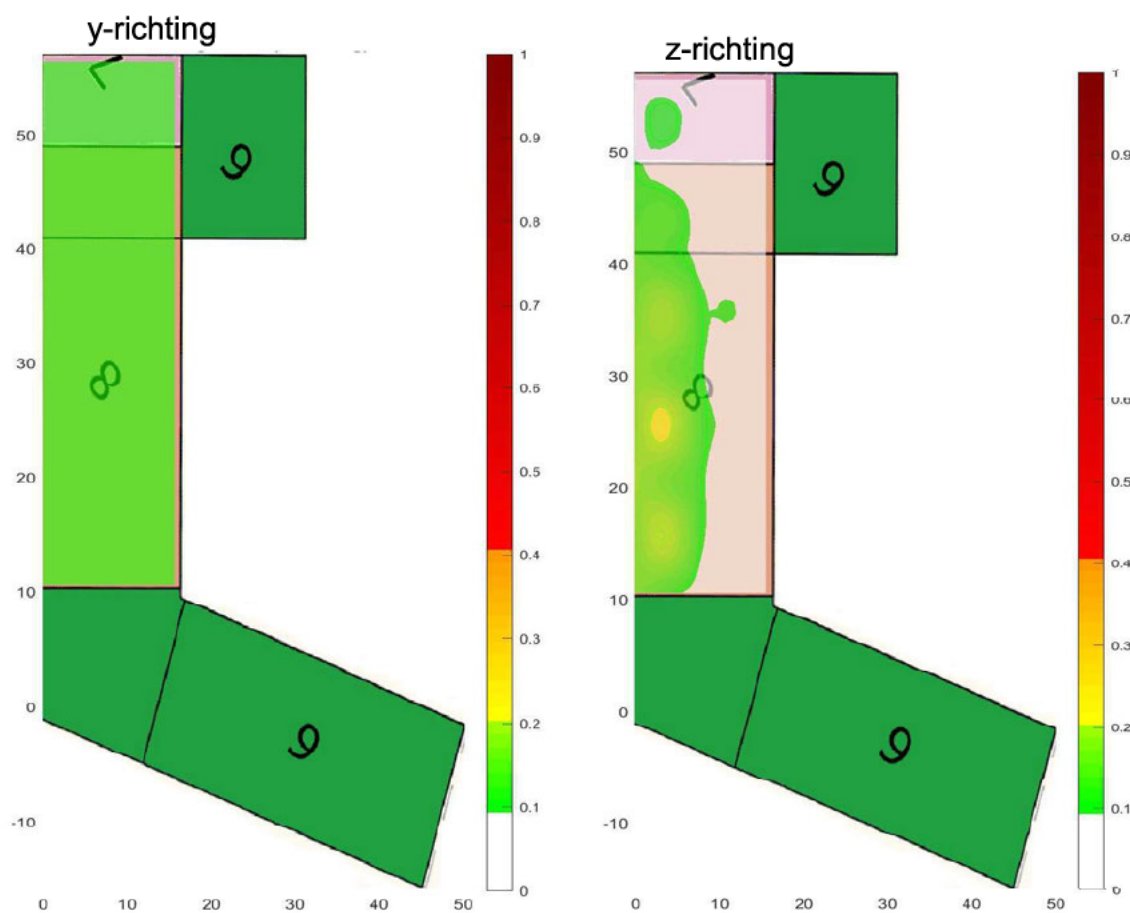
De mogelijke maatregelen zijn in eerste instantie gericht om de trillingen te laten voldoen aan een streefwaarde A_2 van 0,2 (geldend voor nieuwbouw).

Wederom dient in verband met het laagfrequente karakter van de trillingen in de bodem het fundament zwaar te worden uitgevoerd. Ten opzichte van de trillingen ter plaatse van gebouw 1 zijn deze trillingen gering minder laagfrequent. In dit geval dient te worden gedacht aan een funderingsplaat van 1 meter dik. Deze fundering zorgt ervoor dat de lage frequenties voldoende worden gereduceerd.

Daarnaast dienen met name de vloerfrequenties voldoende hoog te liggen om geen onnodige opslingering te veroorzaken. De vloerfrequenties dienen daarbij boven de 20 Hz te liggen. Om dit te bereiken zijn onder andere meer draagmuren toegepast overeenkomend met gangbare appartementafmetingen waarbij de afstand tussen de draagmuren maximaal ca. 10 m bedraagt. Voor de draagmuren is uitgegaan van kalkzandsteen met een dikte van 12 cm. Voor de woningscheidende wanden is uitgegaan van een dikte van 2x 12 cm.

Met toepassing van bovengenoemde maatregelen zijn opnieuw contouren berekend. Figuur 4.4 toont de maximale trillingsterkte op vloerniveau 8 als gevolg van de worstcase treinpassage.

f4.4 Maximale trillingsterkte contour, bouwlaag 8 – Na maatregelen



Middels deze maatregelen bedraagt de maximale trillingsterkte tot (afgerond) 0,2 in de woningen waarmee wordt voldaan aan de streefwaarde voor nieuwbouw.

4.3 **Gebouw 3**

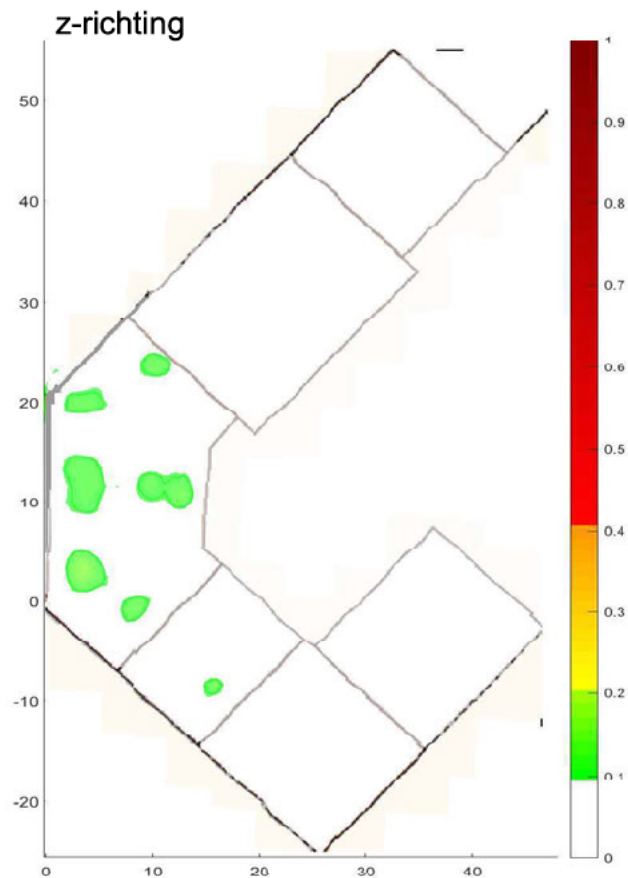
4.3.1 **Optredende trillingen**

Op basis van de berekeningen met het aangehouden ontwerp volgt dat in gebouw 3 sprake kan zijn van een maximale trillingsterkte tot $<0,2$ in verticale (Z) richting en $<0,1$ in Y-richting.

De streefwaarde A_2 bedraagt voor nieuwe situaties 0,2 zodat in dat geval reeds wordt voldaan. Op basis van de berekeningen volgt dat de hoogste trillingsterkten verwacht worden op bouwlaag 1

In figuur 4.7 zijn de contouren getoond van bouwlaag 1 voor de verticale richting.

f4.5 Maximale trillingsterkte contour, bouwlaag 1



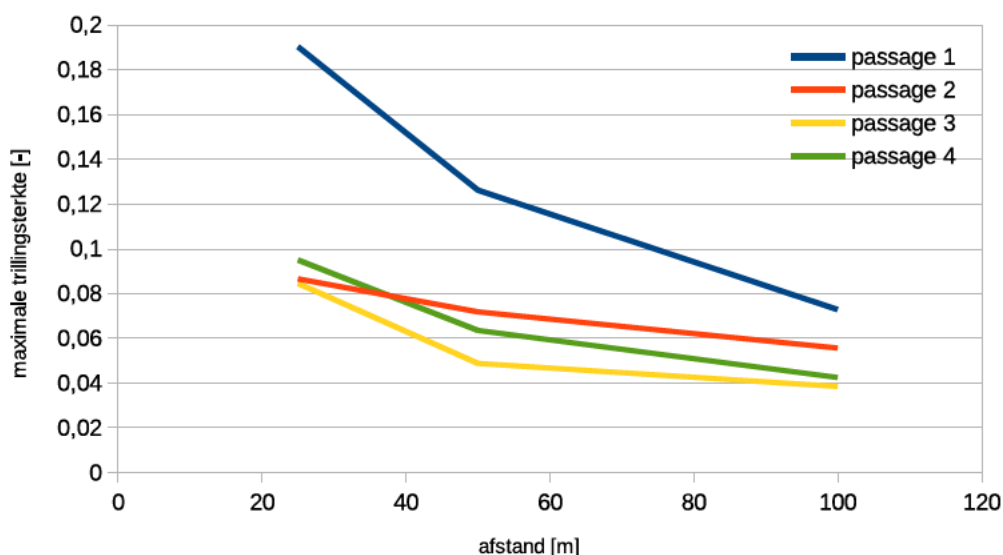
5 Aandachtsgebied trillingen

Op basis van de trillingmetingen en de berekeningen volgt dat aan het zuidzijde van het plangebied waar de trillingen worden veroorzaakt door rangerende treinen reeds in de dichtstbijgelegen nieuwbouw (ca. 30 m afstand tot het spoor) sprake is van acceptabele trillingen in woningen.

Ter plaatse van de noordzijde van het plangebied is gezien de berekeningen wel sprake van relevante trillingen in de bodem.

Om inzicht te krijgen in het invloedsgebied van de treintrillingen zijn zogenaamde raaimetingen uitgevoerd. Bij deze raaimetingen is de afname van de trillingsterkte in de bodem gemeten als functie van de afstand. Dit is gedaan bij een aantal treinpassages waarbij op 25 m, 50 m en 100 m afstand tot het spoor is gemeten. Figuur 5.1 toont deze meetresultaten.

f5.1 Meetresultaten raaimeting



Uitgaande van een worstcase trillingsterkte van ca. 1 in de woningen op ca. 30 m tot het spoor zal met de meest gunstige afname op 100 m afstand tot het spoor nog sprake sprake zijn van 0,4.

Voor de tweedelijsbebouwing (gezien vanaf het noorden) geldt dat aanwezige eerstelijsbebouwing altijd een trillingafschermende werking zal hebben op de overdracht van de trillingen vanwege het spoor.



Uitgaande van het aanwezig zijn van een eerste bebouwingsstrook aan de noordzijde op globaal 30 m vanaf het spoor mag worden aangenomen dat het in relatie tot trillingen relevante aandachtsgebied zich uitstrekt tot maximaal ca. 150 m vanaf het spoor.

Wellicht ten overvloede de kanttekening dat indien de nu voorzien eerste lijn aan de noordzijde niet gerealiseerd wordt dit gebied groter kan zijn.

6 Conclusie

Eerder onderzoek heeft geleid tot de conclusie dat als gevolg van trillingen van passerende treinen de na te streven waarden voor de trillingsterkte bij geprojecteerde nieuwbouw aan de Cartesiusdriehoek mogelijk worden overschreden.

Hoewel verkaveling en bouwkundige uitwerking nog niet bekend zijn heeft de gemeente Utrecht verzocht om reeds in dit stadium op basis van dynamische berekeningen aan te tonen dat met gangbare maatregelen aan de na te streven trillingwaarden kan worden voldaan.

Uitgaande van een recente proefverkaveling en een drietal fictieve gebouwen, waarbij aannames zijn gedaan voor toe te passen fundatie, wanden, vloeren e.d., tonen zogenaamde EEM berekeningen dat bij gangbare bouw inderdaad het risico bestaat op overschrijdingen.

Op basis van het onderhavige onderzoek kan evenwel worden geconcludeerd dat met maatregelen, in dit geval een verzwaring van de fundering in combinatie met toepassing van vloeren met een voldoende hoge eigenfrequentie, aan de conform de SBR B geldende streefwaarden voor nieuwbouw kan worden voldaan.

Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat de betreffende maatregelen specifiek gelden voor de bij dit onderzoek aangenomen bouwkundige opzet en proefverkaveling. Zowel een afwijkende verkaveling als een afwijkende bouwkundige opzet zullen normaliter resulteren in andere te treffen maatregelen. Een latere definitieve verkaveling kan daarvan afwijken waardoor het niet vanzelfsprekend is dat altijd aan de streefwaarden voor nieuwbouw kan worden voldaan. De streefwaarden voor bestaande bouw achten wij normaliter echter altijd realiseerbaar.

Dit rapport bevat 29 pagina's



Mook,