

Groene Loper in Maastricht Nieuwbouw van 6 woningen en herontwikkeling van Boksschool en Jongensschool

Opdrachtgever
MVJ Ontwikkelingen B.V.

Contactpersoon

de heer 

Kenmerk

R0490036ae.215MZJ9.go

Versie

02_001

Datum

25 juni 2021

Auteur



Gemeente Maastricht
Veiligheid en Leefbaarheid

Ontvangen op : 08-07-2021

Zaaknummer : 20-2442WB

Behoort bij besluit van B&W
d.d. 30-11-2021

Behoort bij ontwerpbesluit van B&W

d.d. 30-09-2021

Inhoudsopgave

1	Samenvatting trillingen en laagfrequent contactgeluid	4
1.1	De ontwikkeling van de Groene loper	4
1.1.1	De ontwikkeling van woningen deelplan 1	4
1.2	Er kunnen trillingen en laagfrequent contactgeluid ontstaan in deelplan 1	4
1.3	Bevindingen van dit onderzoek van deelplan 1	4
1.3.1	Bevindingen onderzoek trillinghinder	4
1.3.2	Bevindingen laagfrequent contactgeluid	4
2	Inleiding.....	5
2.1	Herontwikkeling van woningen en bouwen van nieuwe woningen	5
2.1.1	Beoordeling bevoegd gezag	5
2.1.2	De onderzoeksopdracht	5
2.1.3	Het gaat over herontwikkeling en nieuwbouw van woningen	5
2.1.4	Uitgangspunten bij deze berekeningen zijn twee onderzoeken.....	5
2.2	Trillinghinder.....	5
2.2.1	Gebruikt onderzoek naar trillinghinder in 2018	5
2.3	Laagfrequent contactgeluid.....	6
2.3.1	Gebruikt onderzoek naar laagfrequent contactgeluid in 2019	6
2.4	Voorgaande onderzoeken c.q. rapportages van de Groene Loper	7
3	Situatie	8
3.1	De ontwikkeling en de herontwikkeling	8
3.1.1	Het volgende gaat gerealiseerd worden	8
3.1.2	Controlemetingen in andere nieuwe woningen aan de Groene Loper	9
3.1.3	De tunnel.....	9
3.1.4	Het referentiegebouw waar alle metingen verricht zijn	9
3.1.5	De 6 nieuw te bouwen woningen	9
3.1.6	De te herontwikkelen gebouwen	10
3.2	Aanpak van het onderzoek	11
4	Normering	13
5	De meteo en gebruikte meetapparatuur bij de onderzoeken	14
5.1	Weersomstandigheden tijdens de metingen.....	14
5.2	Meetapparatuur.....	14
6	Gebruikt onderzoek naar trillinghinder.....	15
6.1	De metingen naar trillinghinder (2018)	15
6.1.2	Meetrichtingen.....	15
6.2	Meetresultaten trillinghinder (2018)	16
6.3	Bevindingen onderzoek trillinghinder (2018)	16
7	Gebruikt onderzoek laagfrequent contactgeluid (2019).....	17
7.1	Hinder van laagfrequent contactgeluid (2019).....	17

7.2	Metingen naar laagfrequent-contactgeluid (2019)	17
7.2.1	Meetpositie laagfrequent-contactgeluid aan de President Rooseveltlaan	17
7.2.2	Verklaring gekozen posities bestaande woningen	17
7.2.3	Gekozen trillingmeetpunten op de vloeren	17
7.2.4	Geluidmeetpunten laagfrequent geluid in de woningen	18
7.2.5	Gekozen trillingmeetpunten met het oog op laagfrequent geluid	18
7.2.6	Indicator tijdens en na de metingen laagfrequent contactgeluid	18
7.2.7	Bewerking trillingmetingen op de vloeren	18
7.2.8	Trillingmetingen op vloeren van woningen voor laagfrequent contactgeluid	19
7.2.9	Analyse frequentie vloeren met het oog op laagfrequent contactgeluid	19
7.2.10	Analyse trillingniveau vloeren met het oog op laagfrequent contactgeluid	19
7.2.11	Daadwerkelijke indicatieve laagfrequente geluidmetingen woningen	20
7.2.12	De laagfrequente geluidmetingen	20
7.2.13	Bevindingen van de laagfrequente geluidmetingen	20
7.3	Bewerking trillingen per element naar laag frequent geluid (2019)	21
7.3.1	In de woning zijn trillingen gemeten voor het laagfrequent contactgeluid	21
7.4	Totale bevindingen laagfrequent geluid van trillingmetingen op elementen	22
7.4.1	Bevindingen vanuit trillingmetingen verkregen laagfrequent geluid 2019	22
8	Toetsing nieuwe woningen, Boks/Jongensschool	23
8.1	Bevindingen onderzoek trillinghinder	23
8.1.1	Bevindingen referentie-onderzoek trillinghinder 2018	23
8.1.2	Bevindingen onderzoek trillinghinder 2021	23
8.2	Bevindingen onderzoek laagfrequent contactgeluid	23
8.2.1	Bevindingen referentie-onderzoek laagfrequent contactgeluid 2019	23
8.2.2	Bevindingen onderzoek laagfrequent contactgeluid 2021	23

Bijlagen

Bijlage I	Beschrijving van de tunnel en het verkeer
Bijlage II	De woningen en bouwmethodiek
Bijlage III	Trillingoverdrachtsberekeningen in de bodem
Bijlage IV	Normering hinder van personen door trillingen
Bijlage V	Normering laagfrequente contactgeluid
Bijlage VI	Fotoblad trillingmetingen in 2018
Bijlage VII	Meetresultaten trillinghinder in 2018
Bijlage VIII	Fotoblad metingen laagfrequent contactgeluid in 2019
Bijlage IX	Metingen van laagfrequent contactgeluid
Bijlage X	De bewerking van de trillingmetingen op element naar laagfrequent geluid
Bijlage XI	Uit de gemeten trillingen van de elementen bepaalde laagfrequent geluidniveau

1 Samenvatting trillingen en laagfrequent contactgeluid

1.1 De ontwikkeling van de Groene loper

In Maastricht is het tunneltracé van de A2 gebouwd en in gebruik. Dit is een tweelaagse tunnel met dubbele rijbanen. Rond deze tunnelbuis zijn er bestaande woningen en zijn ook nieuwe woningen en herbestemde woningen geprojecteerd waaronder die van deelplan 1.

1.1.1 De ontwikkeling van woningen deelplan 1

In dit gebied worden circa 1100 woningen ontwikkeld. In dit rapport gaat het echter over deelplan 1 van deze ontwikkeling. Bunkerisland gaat hier in dit gebied de Boks/Jongensschool en de Gymzaal herontwikkelen tot woningen. Mulleners Vastgoed gaat er nieuwe woningen bouwen direct ten noorden van de Boks/Jongensschool en de Gymzaal. De afstanden vanaf de tunnelbuis tot de te onderzoeken gebouwen variëren per gebouw (> 20 m) en liggen relevant verder weg van de tunnel dan andere reeds gerealiseerde gebouwen in dit gebied (circa 6 m).

1.2 Er kunnen trillingen en laagfrequent contactgeluid ontstaan in deelplan 1

Dit onderzoek gaat over eventuele trillinghinder en mogelijke overmatig laagfrequent contactgeluid dat kan ontstaan door passage van het verkeer door de tunnelbuizen.

1.3 Bevindingen van dit onderzoek van deelplan 1

1.3.1 Bevindingen onderzoek trillinghinder

Uit dit onderzoek blijkt dat de drie verschillende berekende trillingwaarden in deze praktijksituaties ruimschoots voldoen aan de streefwaarde van de trillingnorm SBR-B, die gaat over hinder van personen in gebouwen.

Tabel 1.1

Samenvatting onderzoek trillinghinder

Situatie	Ontwikkelaar	Streefwaarde SBR-B
De nieuwe woningen	Mulleners Vastgoed	Voldoet
De Boks/Jongensschool	Bunkerisland	Voldoet
De Gymzaal	Bunkerisland	Voldoet

1.3.2 Bevindingen laagfrequent contactgeluid

Uit het onderzoek naar laagfrequent contactgeluid blijkt dat in alle beschouwde situaties ruimschoots wordt voldaan aan de gestelde grenswaarde van de GWR-richtlijn.

Tabel 1.2

Samenvatting onderzoek laagfrequent contactgeluid

Situatie	Ontwikkelaar	GWR-richtlijn
De nieuwe woningen	Mulleners Vastgoed	Voldoet
De Boks/Jongensschool	Bunkerisland	Voldoet
De Gymzaal	Bunkerisland	Voldoet

2 Inleiding

2.1 Herontwikkeling van woningen en bouwen van nieuwe woningen

In Maastricht is het tunneltracé van de A2 gebouwd en in gebruik. Dit is een tweelaagse tunnel met dubbele rijbanen. Rond deze tunnelbuis zijn nieuwe woningen geprojecteerd en worden gebouwen herontwikkeld. In dit gebied worden circa 1100 woningen ontwikkeld.

2.1.1 Beoordeling bevoegd gezag

In deze **versie 02** van rapportage R0490036ae.215MZJ9.go zijn de opmerkingen en aanbevelingen die gemaakt zijn op 15 juni 2021 door het bevoegd gezag (Bouw Vergunnen Wabo van de Gemeente Maastricht) beantwoord en verwerkt. Ook de aanhef boven het rapport is in deze versie aangepast.

2.1.2 De onderzoeksopdracht

We hebben de opdracht gekregen om te onderzoeken wat de kans is op hinder van personen door het laagfrequent contactgeluid en door trillingen in woningen. Het betreft mogelijke hinder vanwege het verkeer dat door de tunnel over de voegen rijdt.

2.1.3 Het gaat over herontwikkeling en nieuwbouw van woningen

Mulleners Vastgoed gaat samen met Bunkerisland in dit gebied de Boks/Jongensschool en de Gymzaal herontwikkelen tot woningen. In de Boks/Jongensschool komen 12 studio's. In de Gymzaal worden zoals nu verwacht 2 woningen ontwikkeld. Tevens komen er 6 nieuw te bouwen woningen direct ten noorden van de Boks/Jongensschool en de Gymzaal.

2.1.4 Uitgangspunten bij deze berekeningen zijn twee onderzoeken

Voor deze berekeningen zal gebruikgemaakt worden van eerder verrichte onderzoeken die uitgevoerd zijn in opdracht van Ballast Nedam. Ballast Nedam heeft toestemming gegeven om deze onderzoeken te gebruiken voor dit onderzoek en de rapportage. Het betreft de hierna volgende onderzoeken en rapportages.

2.2 Trillinghinder

2.2.1 Gebruikt onderzoek naar trillinghinder in 2018

In een bestaand gebouw, toentertijd in beheer bij en in opdracht van Ballast Nedam, zijn trillingmetingen gedaan op vloervelden op verschillende etages en op de fundatie. Daarnaast zijn er nabij dit gebouw in het veld op circa 5 m afstand van de tunnelbuis eveneens trillingmetingen gedaan. Deze metingen zijn verricht op 18 december 2018 gedurende de dagperiode. De nieuw te beschouwen situatie zal voor wat betreft de trillinghinder vergeleken worden met dit onderzoek. Dit onderzoek is al eens gerapporteerd in rapportage: fase 1; kenmerk R0490036aa.1906U4N.jke, versie 02_001, datum 31 januari 2019, metingen december 2018.

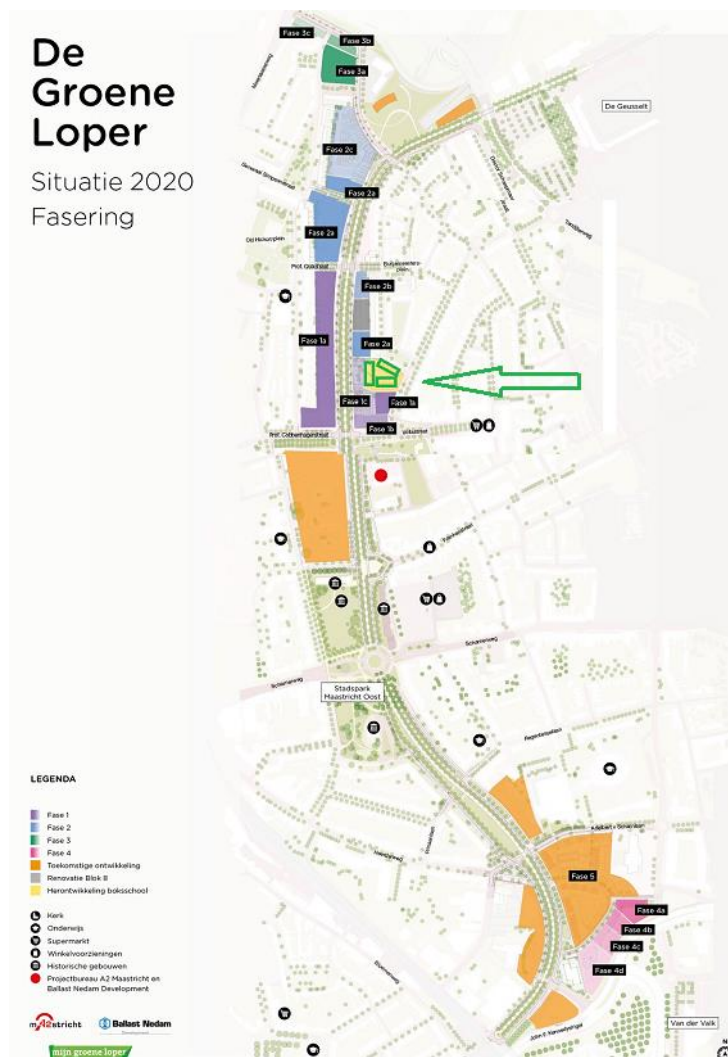
2.3 Laagfrequent contactgeluid

2.3.1 Gebruikt onderzoek naar laagfrequent contactgeluid in 2019

Laagfrequent contactgeluid in woningen kan in dit geval ontstaan door trillingen die vanuit de tunnel door de bodem via de fundatie van de woningen als geluid in de woningen ontstaat door het afstralen van wanden, vloeren en plafonds in de ruimtes van woningen. Voor dit onderzoek zijn er in het genoemde bestaande gebouw trillingmetingen gedaan op verschillende etages, zowel op vloeren, wanden en plafonds. Daarnaast zijn er ook geluidmetingen gedaan eveneens op verschillende etages in de woonruimte.

De nieuw te beschouwen situatie zal voor wat betreft het laagfrequent contactgeluid vergeleken worden met dit onderzoek. Zie daarvoor de rapportage van 12 augustus 2019, R0490036aa.197AELW.go versie 01_003.

Hierna wordt de situatie 2020 van de plannen van de groene loper gesitueerd, met daarna ook een uitgelicht deel.



Figuur 2.1

Overzicht deelplannen groene loper (bron BN 2020)



Figuur 2.2

Uitgelicht deelplan met de Gymzaal op 1.1., de nieuwbouw op 1.2 en de Boks/Jongensschool op 1.3.

2.4 Voorgaande onderzoeken c.q. rapportages van de Groene Loper

In deze rapportage, die gaat over de trillinghinder en het contactgeluid, wordt zo nodig ook gebruikgemaakt van (meet)gegevens uit de hierna genoemde onderzoeken die eerder zijn verricht in dit plangebied. Voor een uitgebreide beschrijving van eerdere metingen, onderzoeken van trillingen en laagfrequent geluid en de situatie in het project verwijzen we naar de volgende rapportages:

- Bouwfase 1; kenmerk R0490036aa.1906U4N.jke, versie 02_001, datum 31 januari 2019, metingen december 2018.
- Bouwfase 2; kenmerk R0490036aa.1950BFQ.go, versie 01_002, datum 16 mei 2019, metingen maart 2019.
- Bouwfase 1 en 2 Laagfrequent contactgeluid; kenmerk R0490036aa.197AELW.go, versie 01_003, datum 12 augustus 2019, metingen 21 mei 2019.
- Controlemetingen fase 1 westzijde; kenmerk R0490036aa.197AELW.go, versie, 01_008, datum 19 november 2020.
- Trillingonderzoek 7 woningen - fase 1c, Kenmerk R0490036ad.2139BGJ.go, versie 02_001, datum 23 maart 2021.

3 Situatie

3.1 De ontwikkeling en de herontwikkeling

3.1.1 Het volgende gaat gerealiseerd worden

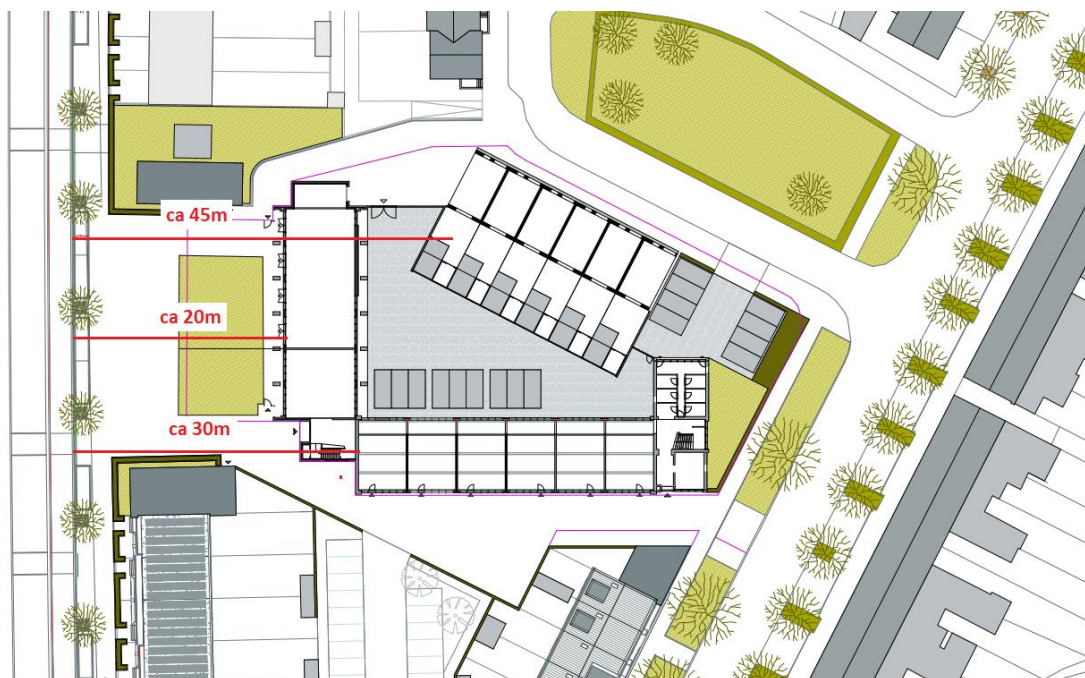
In dit rapport gaat het over de herontwikkeling en nieuwbouw ter hoogte van deelplan 1 van de plannen van de Groene Loper.

Bunkerisland gaat hier in dit gebied de Boks/Jongensschool en de Gymzaal herontwikkelen tot woningen. In de Boks/Jongensschool komen 12 studio's. In de Gymzaal worden voorlopig 2 woningen ontwikkeld.

Mulleners Vastgoed gaat er 6 nieuwe woningen bouwen direct ten noorden van de Boks/Jongensschool en de Gymzaal.

De afstanden van de tunnelbuis af tot de gebouwen variëren wat per gebouw en zijn globaal als volgt:

- de nieuwe woningen bevinden zich op circa 45 m
- de Boks/Jongensschool ligt op circa 30 m
- de Gymzaal bevindt zich op circa 20 m



Figuur 3.1

Te onderzoeken situatie

3.1.2 Controlemetingen in andere nieuwe woningen aan de Groene Loper

Inmiddels zijn er ook al meer grondgebonden woningen en appartementen gebouwd in de naastliggende omgeving op kortere afstanden (6 meter) tot de tunnelbuis. In deze nieuwe appartementen en woningen zijn ook al controlemetingen verricht, zie daarvoor controlemetingen fase 1a westzijde; kenmerk R0490036aa.197AELW.go, versie, 01_008, datum 19 november 2020.

3.1.3 De tunnel

De tweelaagse tunnel met dubbele rijbanen is onderdeel van het tracé van de A2 en loopt richting Luik (België) en richting Eindhoven. De twee onderste buizen zijn bedoeld voor het doorgaande verkeer. De bovenste twee buizen van de N2 zijn bedoeld voor de afhandeling van regionaal verkeer.

De tunnel is opgebouwd uit betonnen segmenten. Deze segmenten hebben een lengte van 24 m. Door alle tunnelbuizen is een aaneengesloten (gladde) asfaltlaag aangebracht.

We gaan ervan uit dat eventuele trillingen ontstaan door passage van het vrachtverkeer door de tunnelbuizen. Daarom is het ook van belang te weten dat het vrachtverkeer tijdens de metingen de tunnel benut heeft, zie bijlage I voor een beschrijving van de tunnel en het verkeer.

3.1.4 Het referentiegebouw waar alle metingen verricht zijn

Het bestaande gebouw waar de referentiemetingen verricht zijn was gesitueerd aan de President Rooseveltdaan (zie fase 2a in figuur 2.2) en is een flatgebouw (trappenhuisenflat) uit de jaren 70.

Het bestaat uit vier lagen woningen en een nagenoeg verdiepte kelder. Het betreft een betonnen constructie met gevels van metselwerk. De betonvloeren hebben een nominale dikte van circa 200 mm. De woningscheidende metselwerkwanden zijn van kalkzandsteen 210 mm. De binnenwanden zijn veelal halfsteens van kalkzandsteen 110 mm. Volgens de informatie van de ontwikkelaar (29-01-2019) is dit gebouw op heipalen gefundeerd op een betonnen basis. Het gebouw is inmiddels niet meer in stand. Op deze locatie staan nu nieuwbouwwoningen van fase 2a in ruwbouw. Deze locatie is op kortere afstand (6 m) dan waar de woningen van dit te onderzoeken plan moeten komen (zie figuur 2.2).

3.1.5 De 6 nieuw te bouwen woningen

De nieuw te realiseren woningen zijn in de ontwikkelingsfase, waarbij de constructies, de funderingen en de funderingsmethoden zijn vastgelegd.

Voor wat betreft de vloeren, wanden, plafonds wordt uitgegaan van het volgende:

De woningscheidende betonwanden zijn twee maal 100 mm beton op een spouw van 60 mm. De binnenwanden zijn van gipsblokken van circa 100 mm. De betonvloeren hebben een nominale dikte van circa 260 mm plus een cementdekvloer van 60 mm. De begane grondvloer van de woningen bestaan uit voorgespannen betonnen liggers waartussen vulelementen van EPS worden gelegd. Hierop wordt een gewapende druklaag aangebracht.

De vloeroverspanning is: 4500 mm, 6 bouwdelen, 38 palen, lengte mortelschroefpalen variërend circa 6 à 7 m, diameter Ø500 mm elk appartement rust op 10 à 12 gedeelde palen. Zie bijlage II voor informatie over de woningen en bouwmethodiek.

De toegepaste funderingsmethodieken zijn in detail afwijkend van de referentiefundering (2018/2019). Deze zullen echter voor wat betreft de trillingoverdracht van bodem naar constructie met elkaar vergelijkbaar zijn.

3.1.6 De te herontwikkelen gebouwen

De te herontwikkelen gebouwen tot woningen zijn voor wat betreft de ontwerpen in een ontwikkelingsfase. De constructies, de funderingen en de funderingsmethoden zijn globaal te achterhalen uit de oude tekeningen.

De Jongens/Boksschool

Het betreft een schoolgebouw van architect Peutz gebouwd rond 1949.

De school is twee bouwlagen hoog en heeft een plat dak. Het gebouw zelf bestaat uit een betonskelet, de buitengevels zijn deels gemetseld en deels van beton. Hier komen 6 woningen met twee lagen. Voor wat betreft de woningscheidende wanden wordt uitgegaan van een betonnen wand van circa 150 mm dikte. De vloeren hebben een dikte van circa 200 mm. De fundering loopt dwars onder het pand onder de woningen door.

De vloeren zijn: 6800 * 7400, 6 bouwdelen, 24 palen, lengte onbekend, diameter waarschijnlijk Ø100 mm stalenbuis. Zie bijlage II voor de beschikbare informatie over de woningen en bouwmethodiek.

De toegepaste funderingsmethodieken en constructie zijn enigszins afwijkend van de referentiesituatie (2018). Zij zullen echter voor wat betreft de trillingoverdracht van bodem naar constructie nagenoeg met elkaar vergelijkbaar zijn. Er moet wel een onzekerheidscorrectie worden toegepast op het verschil in de overspanning van de vloeren en verschil in fundering en de ligging ten opzichte van de referentiewoningen. Deze wordt op basis van onze praktijkervaringen gesteld tussen de 0 en -2 dB, aangehouden wordt hiervoor -2 dB.

De Gymzaal

Het betreft een gymzaal van architect Boosten gebouwd rond 1954.

De gymzaal heeft één (hoge) bouwlaag en heeft een plat dak. Het gebouw bestaat uit een betonskelet, de buitengevels zijn deels gemetseld en deels van beton. Voorlopig zijn hier 2 woningen in gepland. Voor wat betreft de woningscheidende wanden wordt uitgegaan van een betonnen wand van circa 150 mm dikte, de vloeren hebben een dikte van circa 200 mm.

De vloeroverspanning is: 5000 * 7000 mm, het staat op 14 palen, waarschijnlijk stalen buis palen diameter Ø100 mm. Zie bijlage II voor informatie over de woningen en bouwmethodiek.

De toegepaste funderingsmethodieken en constructie zijn enigszins afwijkend van de referentiefundering (2018). Zij zullen echter voor wat betreft de trillingoverdracht van bodem naar constructie in grove lijnen met elkaar vergelijkbaar zijn. Er moet wel een onzekerheidscorrectie worden toegepast op het verschil in de overspanning van de vloeren en verschil in fundering en de ligging ten opzichte van de referentiewoningen. Deze wordt op basis van onze praktijkervaringen gesteld tussen de 0 en -3 dB, aangehouden wordt hiervoor -3 dB.

3.2 Aanpak van het onderzoek

Uit de eerder verrichte metingen (2018) hebben we kunnen afleiden welke (trilling)overdracht er is vanuit de tunnel naar dit bestaande gebouw en vanuit de tunnel naar de nieuwe woningen van fase 1. Uit deze eerdere metingen is geanalyseerd wat de overdracht van de trillingen is tussen veldmetingen en de vloeren van de bestaande en nieuwe woningen. Deze overdrachtscorrectie is toen op factor 1 vastgesteld. Zie paragraaf 6.1.

Vereenvoudigd gesteld, kan er aangenomen worden dat de trillingen op wanden en vloeren, gemeten in de bestaande situatie, overeenkomen met die van de nieuwe situatie van fase 1. We kunnen daarom ook toetsen aan de trillingrichtlijn van SBR–B voor de nieuwe situatie van deelplan 1. Zie paragraaf 6.1. Wel moet er een correctie worden toegepast voor de afstand en de afwijkingen die hiervoor zijn genoemd.

Door ook in dit bestaande gebouw de trillingen van vloeren, wanden en plafond vast te stellen (onderzoek 2019) kunnen we daaruit berekenen welk laagfrequent (contact)geluid er kan ontstaan in de verschillende woningen van deelplan 1. Zie paragraaf 7.1. Ook hier moet er een correctie worden toegepast voor de afstand en de afwijkingen die hiervoor zijn genoemd.

De onzekerheidscorrectie voor fundatie en constructie van de vloeren in de huidige bouw ten opzichte van de onderzoeken van 2018 en 2019 worden in volgende tabel genoemd.

Tabel 3.1

Correctie fundatie en constructie

De situatie	Correctie in dB
De nieuwe woningen, correctie fundatie en constructie	0
De Boks/Jongensschool, correctie fundatie en constructie	-2
De Gymzaal, correctie fundatie en constructie	-3

Ook moet een afstandscorrectie worden toegepast omdat de onderzoeken in 2018 en 2019 in een gebouw op 5 m afstand van de tunnelwand zijn verricht. Er is in deze situatie sprake van gebouwen op grotere afstanden tot de tunnelwand en dat zijn:

- de nieuwe woningen bevinden zich op circa 45 m van de tunnelbuis
- de Boks/Jongensschool ligt op circa 30 m van de tunnelbuis
- de Gymzaal bevindt zich op circa 20 m van de tunnelbuis

Door de toename van de afstand van de woningen versus de tunnel in deze situatie, zal de trilling-snelheid afnemen, zie daarvoor de berekeningen in bijlage III. De vermindering in zowel trillinghinder als laagfrequent contactgeluid bedraagt volgens de trillingoverdrachtsformule in de bodem “Barkan” de volgende correctie in dB.

Tabel 3.2

Correctie afstand tunnel 5 m versus nieuwe situatie, 45 m, 30 m en 20 m

De situatie	Correctie in dB
De nieuwe woningen bevinden zich op circa 45 m	20
De Boks/Jongensschool ligt op circa 30 m	14
De Gymzaal bevindt zich op circa 20 m van de tunnelbuis	10

Samen gevat moet rekening gehouden worden met de volgende afwijkingen.

Tabel 3.3

Totale correctie voor veranderde situatie

De situatie	Correctie in dB
De nieuwe woningen totale correctie	20
De Boks/Jongensschool totale correctie	12
De Gymzaal totale correctie	7

4 Normering

Normering trillingen

Het is zinvol om de kaders met betrekking tot eisen en regelgeving te vermelden voor zover deze bestaan of van toepassing zijn, in de kaders van het bestemmingsplan worden eisen gesteld aan hindertrillingen zie bijlage IV.

Daarnaast zullen in de omgeving ook eisen worden gesteld aan het toelaatbare laagfrequent contactgeluid. Deze eisen moeten garanderen dat de hinder beperkt blijft, zoals ook gesteld in de kaders van het bestemmingplan. Zie de normering voor laagfrequent contactgeluid in bijlage V.

5 De meteo en gebruikte meetapparatuur bij de onderzoeken

5.1 Weersomstandigheden tijdens de metingen

De meteorologische omstandigheden tijdens de metingen zijn in tabel 5.1 samengevat.

Tabel 5.1

Meteogegevens

	Hinder trilling metingen Meteo op 18 december 2018	Metingen Laagfrequent contactgeluid Meteo op 21 mei 2019
Windrichting	167 ° (zuid)	293 ° (west-noord-west)
Windsnelheid	4,2 m/s	4,3 m/s
Windsnelheid (stoot)	11,0 m/s	9,0 m/s
Temperatuur	3,2 -8,4 °C	10 - 16 °C
Bewolking	8/8 octa's (geheel bewolkt)	8/8 octa's (geheel bewolkt)
Relatieve vochtigheid	77%	86%
Luchtdruk	1019 hPa	1015 hPa

Naar verwachting veroorzaakt de meteosituatie geen afwijking in de metingen.

5.2 Meetapparatuur

Een overzicht van de apparatuur waarmee we beide metingen hebben verricht is opgenomen in tabel 5.2.

Tabel 5.2

Trillingmeetapparatuur

Aantal	Item	Fabrikant	Type
Trillingmetingen			
4	Trillingmonitor	Profound	Vibra +
1	Laagfrequente geluidmeter	B&K	2260
1	Laagfrequente trillingmeter	B&K	2260
1	Versnellingsopnemer	B&K	4370
1	Ladingsversterker	B&K	2692-014

6 Gebruikt onderzoek naar trillinghinder

6.1 De metingen naar trillinghinder (2018)

Trillingmetingen

Voor het onderzoek zijn er trillingmetingen in het veld en in een bestaand gebouw aan de President Rooseveltlaan op vloeren van verschillende etage gedaan om de hinder van voelbare trillingen te kunnen bepalen (2018).

Onderzoek trillinghinder

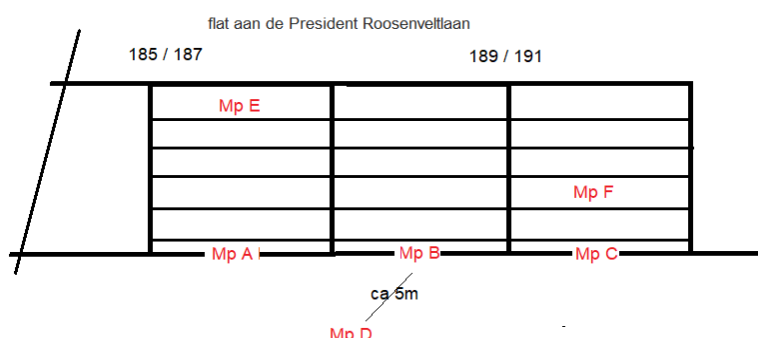
Om te onderzoeken of er sprake van hinder van trillingen conform de SBR B richtlijn is, werden er in een bestaand gebouw in beheer bij Ballast Nedam trillingmetingen gedaan op vloervelden op verschillende etages en op de fundatie. Daarnaast zijn er nabij dit gebouw in het veld op vijf meter afstand van de tunnelbuis eveneens trillingmetingen gedaan. Deze metingen zijn verricht op 18 december 2018 gedurende de dagperiode. Vanuit de dagperiode kan een analyse gemaakt worden voor het verkeer in de avond- en nachtperiode, immers de typen voertuigen overdag wijken niet af van de voertuigen in de avond- en nachtperiode, wel is het aantal voertuigen per periode verschillend. Deze metingen zijn eerder gerapporteerd in rapport R0490036aa.1906U4N.jke versie 02_001, datum 31 januari 2019.

6.1.1 Meetpositie President Rooseveltlaan

Er is gemeten op:

- fundatieniveau een meetpunt A ter hoogte van nr. 187;
- een meetpunt B er tussenin;
- en een meetpunt C nabij nr. 189 (deze drie meetpunten zitten ongeveer elf meter uit elkaar);
- in het veld, meetpunt D op 5 meter afstand van de tunnelbuis tussen woning nr. 187 en 189;
- op de 4^e etage op het vloerveld van nr. 187D meetpunt E;
- op de 1^e etage op het vloerveld van nr. 189A meetpunt F.

Een overzicht van foto's staan vermeld in bijlage VI



Figuur 6.1

Schets aanzicht vanaf de tunnel gezien met meetposities

6.1.2 Meetrichtingen

Gemeten wordt er in gelijktijdig in drie meetrichtingen dat zijn:

X = dwars, haaks op de bron - **Y** = langs, parallel aan de bron - **Z** = verticaal.

6.2 Meetresultaten trillinghinder (2018)

In tabel 6.2 staan de resultaten van de trilling metingen onbewerkt weergegeven. Een overzicht van de meetresultaten in grafiekvorm staat vermeld in bijlage VII .

Tabel 6.1

Meetresultaten trillingen

Trillingmeetpunt	Positie	V _{eff}	Eis conform SBR B	Oordeel hinder	Opmerkingen	Bijlage III
VIB00045	Fundatie ter hoogte nr. 185/187	< 0,1	--	--	--	A
VilB00041	Fundatie tussen nr. 185/187 en nr. 189/191.	< 0,1	--	--	--	B
VIB02058	Fundatie ter hoogte nr. 189/191	< 0,1	--	--	--	C
VIB02131	Bodem op 5m afstand gevel	< 0,1	--	--	--	D
VIB01102	Vloer nr.187D-4 ^e verdieping	<0,1	voldoet	geen	--	E
VIB00047	Vloer nr.189a -1 ^e verdieping	< 0,1	voldoet	geen	--	F

In tabel 6.2 zijn de metingen zonder bewerking weergegeven. De metingen die in de woningen hebben plaatsgevonden zijn één op één te beoordelen en te toetsen aan de SBR B-richtlijn. In de woningen blijkt dan ook dat aan de trillingrichtlijn, die gaat over hinder van personen in gebouwen, kan worden voldaan.

6.3 Bevindingen onderzoek trillinghinder (2018)

Uit de trillingmetingen en analyse blijkt het volgende:

- Uit de metingen die in de woningen Rooseveltlaan nr. 187 en nr. 189 hebben plaatsgevonden blijkt dat aan de trillingnorm die gaat over hinder van personen in gebouwen wordt voldaan. Verwacht mag worden dat ook bij nieuw te bouwen woningen in dezelfde omstandigheden aan dit criterium wordt voldaan.
- De overdracht van de trillingen van de veldmetingen en de vloeren van de bestaande en nieuwe woningen blijkt geen versterking of verzwakking op te treden. Deze overdrachts-correctie Veld – Fundatie -Woning is op factor 1 vastgesteld.

7 Gebruikt onderzoek laagfrequent contactgeluid (2019)

7.1 Hinder van laagfrequent contactgeluid (2019)

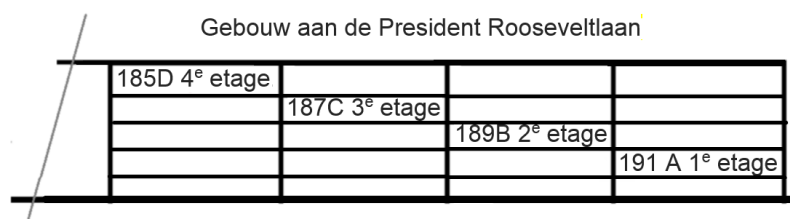
Op een later moment (2019) zijn er trillingmetingen gedaan op verschillende etages van het bestaande gebouw aan de President Rooseveltlaan, zowel op vloeren, wanden en plafonds. Daarnaast zijn er ook geluidmetingen gedaan eveneens op verschillende etages in de woonruimte om het laagfrequent contactgeluid te bepalen.

7.2 Metingen naar laagfrequent-contactgeluid (2019)

Bij dit onderzoek naar het laagfrequent contactgeluid voor fase 1 is er voor gekozen om in het eerder genoemde bestaande gebouw aan de President Rooseveltlaan op 21 mei 2019 metingen te verrichten. Dit flatgebouw is goed toegankelijk. We hebben gemeten op de 1e etage (begane grond), 2^e etage, 3^e etage en 4e etage gedurende een voldoende lange meetperiode. De bevindingen van dit onderzoek zijn eerder opgenomen in de rapportage van 12 augustus 2019, R0490036aa.197AELW.go versie 01_003.

7.2.1 Meetpositie laagfrequent-contactgeluid aan de President Rooseveltlaan

In en aan het bestaande gebouw zijn geluid- en trillingmetingen uitgevoerd in de woningen 191A 1^e etage, 189B 2^e etage, 187C 3^e etage en 185D 4^e etage.



Figuur 7.1

Schets aanzicht vanaf de tunnel gezien met meetposities

7.2.2 Verklaring gekozen posities bestaande woningen

We hebben op alle etages gemeten om de grootste verdeling te krijgen van hoge tot de lage verdieping. We hebben diagonaal versprongen gemeten omdat met deze keuze er altijd voegovergangen in het meetgebied zitten. We hebben bewust andere meetpunten gekozen dan we eerder (2018) bij fase 1 hebben gedaan, dit om de spreiding van mogelijke meetresultaten te vergroten.

7.2.3 Gekozen trillingmeetpunten op de vloeren

In elke woonkamer van de betreffende woningen hebben we continue metingen uitgevoerd op de vloer tijdens de gehele meetperiode. Deze metingen geven een belangrijke basisindicatie van de geproduceerde trillingniveaus de frequenties en de betrouwbaarheid van de metingen op de separate elementen.

7.2.4 Geluidmeetpunten laagfrequent geluid in de woningen

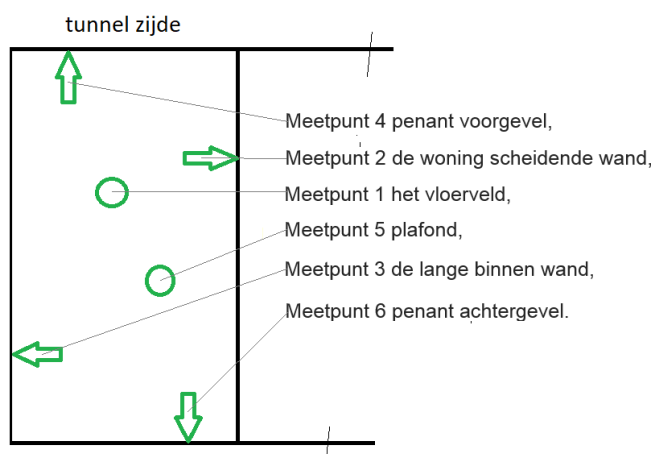
Naast de trillingmetingen op de constructie is er in dezelfde woonkamer van de genoemde woningen ook het laagfrequent contactgeluid gemeten, door middel van de zwaaimethode. Deze metingen geven **indicatief** weer of er sprake kan zijn van laagfrequent contactgeluid en dienen slechts als ondersteuning van de berekeningen naar het laagfrequent contactgeluid dat uit de afstraling van de verschillende wanden wordt bepaald.

7.2.5 Gekozen trillingmeetpunten met het oog op laagfrequent geluid

De daadwerkelijke analyse is gedaan door in elke woonkamer van de woningen te meten op de verschillende constructiedelen zoals scheidingswanden plafonds vloeren penanten en dergelijke:

- meetpunt 1 het vloerveld;
- meetpunt 2 de woningscheidende wand;
- meetpunt 3 de lange binnenwand;
- meetpunt 4 penant voorgevel;
- meetpunt 5 plafond;
- meetpunt 6 penant achtergevel.

Een overzicht van de foto's staan in bijlage VIII



Figuur 7.2

Bovenaanzicht meetposities in de woonkamer van elke woning (wanden spiegelen)

7.2.6 Indicator tijdens en na de metingen laagfrequent contactgeluid

Om van te voren te weten welke trillingfrequenties en trillingsnelheden er te verwachten zijn tijdens deze metingen naar het laagfrequent contactgeluid zijn de eerder verrichte trillingmetingen bewerkt. Als eerste worden daarom de eerdere metingen die in de 1^e fase rapport december 2019 en 2^e fase rapport maart 2019 op de vloeren van woningen verricht zijn hierna weergegeven. Deze staan na bewerking in de volgende tabel 7.1.

7.2.7 Bewerking trillingmetingen op de vloeren

De trillingmetingen op de vloeren zijn omgerekend naar een trillingsnelheidsniveau met als referentie $1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Het betreft hier het beeld dat uit de grafieken is af te leiden, ook de dominante frequentie is uit deze grafieken gehaald.

De percentielwaarde 90% en 10% zijn rekenkundig bepaald uit de numerieke waarden van de metingen. De percentielwaarde van “10%” is de waarde bepaald uit alle waarnemingen die ten minste 10% van de tijd aanwezig is geweest. De percentielwaarde van “90%” is de waarde bepaald uit alle waarnemingen die ten minste 90% van de tijd aanwezig is geweest.

Tabel 7.1

Meetresultaten trillingen eerdere referentiemetingen fase 1 en fase 2

Trilling-meetpunt	Meetunit	Positie	Dominante frequentie in Hz	Maatgevende meetrichting	Lv in dB gemiddelde	10% percentiel-waarde	90% percentiel-waarde
Meetpunt 1 fase 1	VIB00047	Vloer nr.189A 1 ^e verdieping	30	Z	90	90	86
Meetpunt 2 fase 1	VIB01102	Vloer nr.185D 4 ^e verdieping	25	Z	100	97	86
Meetpunt 1 fase 2	VIB01102	Vloer nr.189A 1 ^e verdieping	30	Z	100	101	90
Meetpunt 2 fase 2	VIB00047	Vloer nr.185D 4 ^e verdieping	27	Z	100	97	86

De hiervoor gegeven waarden zijn nuttig gebruikt bij de metingen naar het laagfrequent contactgeluid en geven ook een eerste vervolgindicatie weer van de afgestraalde trillingen en frequentie van de vloeren.

7.2.8 Trillingmetingen op vloeren van woningen voor laagfrequent contactgeluid

In de volgende tabel zijn de metingen weergegeven. Deze zijn verricht in mei 2019 op de vier vloeren van de appartementen volgens de verwerking zoals omschreven is bij sub-paragraaf 7.2.9

Tabel 7.2

Meetresultaten trillingen op vloeren gemeten

Trilling-meetpunt	Meetunit	Positie	Dominante Frequentie in Hz	Maatgevende meetrichting	Lv in dB gemiddelde	10% percentiel-waarde	90% Percentiel-waarde
Meetpunt 1	VIB02131	Vloer nr.191A 1 ^e verdieping	28	Z	92	98	86
Meetpunt 2	VIB02058	Vloer nr.189B 2 ^e verdieping	27	Z	92	98	86
Meetpunt 3	VIB00205	Vloer nr.187C 3 ^e verdieping	24	Z	94	99	90
Meetpunt 4	VIB00207	Vloer nr.185D 4 ^e verdieping	27	Z	92	98	86

7.2.9 Analyse frequentie vloeren met het oog op laagfrequent contactgeluid

Uit de metingen die we verricht hebben op de vloeren bij de eerdere fasen en de metingen verricht in mei 2019 blijken de frequenties in dezelfde orde van grote te liggen. Eerder in fase 1 en fase 2 werden frequenties van 25 tot 30 Hz gemeten. Nu hebben we frequenties van 24 tot 28 Hz vastgesteld. Dit geeft een betrouwbare indicatie van de frequenties van de trillingmetingen. Bij de geluidafstraling kunnen we daarom rekening houden met een afstraling van dit constructiedeel van het geluid in vooral de 25 Hz tertsband- of 31 Hz octaafbandmiddenfrequentie.

7.2.10 Analyse trillingniveau vloeren met het oog op laagfrequent contactgeluid

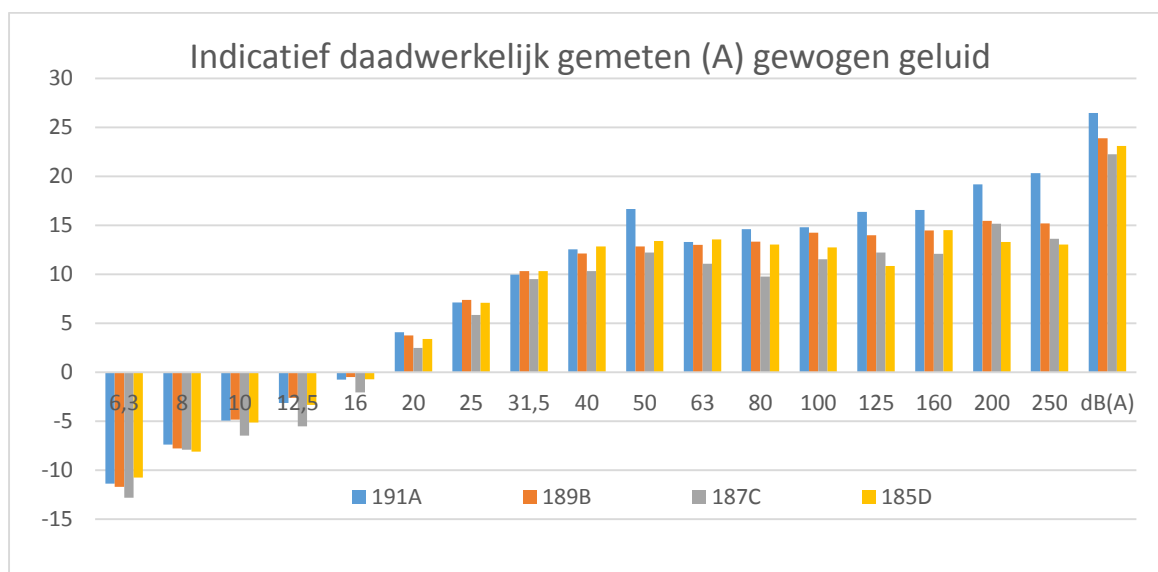
Eerder in fase 1 en 2 hebben we gemiddelde trillingniveaus van 90 tot 100 dB (ref 1*10-9m/s) gemeten. Nu hebben we gemiddelde trillingniveaus van 92 tot 94 vastgesteld. Bij de 10% percentielwaarde hebben we trillingniveaus van 90 tot 101 gemeten. Nu hebben we trillingniveaus van 98 tot 99 vastgesteld.

Bij de 90% percentielwaarde hebben we trillingniveaus van 86 tot 90 gemeten. In 2019 hebben we dezelfde waarden vastgesteld.

Ook de analyse van de trillingniveaus op de vloeren geven een betrouwbare indicatie van de trillingmetingen. Bij de geluidafstraling kunnen we daarom rekening houden met een afstraling van dit constructie deel van het geluid in de voorgenoemde range.

7.2.11 Daadwerkelijke indicatieve laagfrequente geluidmetingen woningen

In de meetsessie van mei 2019 zijn ook nog (indicatieve) laagfrequente geluidmetingen in alle genoemde appartementen verricht, zie hierna.



Figuur 7.3

De verticale as in dB(A) de horizontale as tertsband middenfrequenties

7.2.12 De laagfrequente geluidmetingen

We hebben laagfrequente geluidmetingen verricht in alle genoemde appartementen. Hierbij speelt het probleem dat er dikwijls verstoring optreedt van bronnen van buiten zoals wegverkeer, railverkeer en andere stadsgeluiden. De metingen zijn verricht in de relatief grote woonkamers (minder kritische ruimte in het appartement) er is ook niet gecorrigeerd voor de nagalmtijd van de woonkamer. Door al deze afwijkingen moeten deze metingen **als indicatief** worden beschouwd.

7.2.13 Bevindingen van de laagfrequente geluidmetingen

Als we alle metingen in de vier woningen (totaal A gewogen) separaat toetsen aan de gestelde streefwaarde wordt hier ruimschoots aan voldaan. Voor de streefwaarde geldt een totale dB(A)-waarde van 35 d(A).

De hoogste waarde van 26,5 dB(A) hebben we gemeten in appartement 191A. Ook bij de kritische octaafband middenfrequentie van 31,5 Hz wordt voldaan, de streefwaarde is 68 dB lineair. De hoogst gemeten waarde van 49,7 dB hebben we gemeten in appartement 189B. Let wel deze geluidmetingen zijn alleen ter ondersteuning van het onderzoek gedaan.

7.3 Bewerking trillingen per element naar laag frequent geluid (2019)

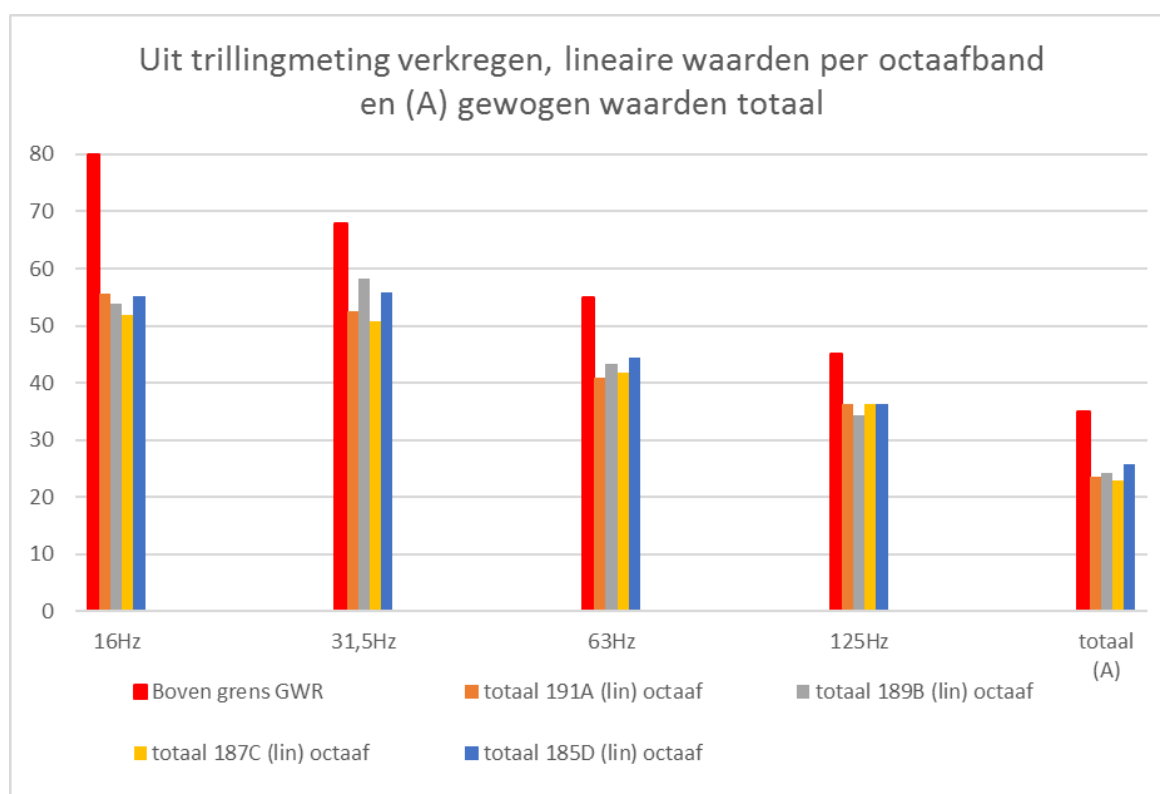
7.3.1 In de woning zijn trillingen gemeten voor het laagfrequent contactgeluid

Op alle elementen van de bestaande woningen zijn trillingen gemeten met het oog op laagfrequent contactgeluid. In bijlage IX zijn de metingen weergegeven die we hebben verricht in mei 2019 op alle wanden, vloeren en plafonds van alle vier de appartementen.

In bijlage X worden de bewerkingen van de trillingmetingen naar het geproduceerde laagfrequent geluidniveau in de woningen gegeven.

In bijlage XI staan de berekende waarden uit de meetresultaten. Ook in de volgende grafiek, figuur 7.4, staan de bewerkte en gesommeerde totalen van de verschillende appartementen weergegeven.

We zijn uitgegaan van de meest kritische ruimte (dat is de kleinste ruimte) zo dicht mogelijk bij de tunnel gesitueerd en een nagalmtijd die gebaseerd is op de werkelijk te verwachten nagalmtijd in deze ruimte.



Figuur 7.4

De laagfrequente geluidniveaus in de appartementen verkregen uit de separate trillingmetingen

7.4 Totale bevindingen laagfrequent geluid van trillingmetingen op elementen

7.4.1 Bevindingen vanuit trillingmetingen verkregen laagfrequent geluid 2019

Als we naar de voorgaande grafiek kijken en alle metingen in de vier bestaande woningen (totaal A gewogen) separaat toetsen aan de gestelde streefwaarde voor de nieuwbouw woningen wordt hier ruimschoots aan voldaan.

Voor de streefwaarde geldt een totale dB(A)-waarde van 35 d(A). De hoogste waarde die we gemeten en berekend hebben in appartement 185D is 26 dB(A). Ook de octaafband midden-frequenties voldoen in vergelijkbare nieuwbouw woningen van deelplan 1 ruimschoots aan de grenswaarde die GWR stelt.

8 Toetsing nieuwe woningen, Boks/Jongensschool

8.1 Bevindingen onderzoek trillinghinder

8.1.1 Bevindingen referentie-onderzoek trillinghinder 2018

Uit de trillingmetingen en analyse van de metingen in 2018 blijkt het volgende:

Uit de metingen die in de woningen hebben plaatsgevonden blijkt dat aan de trillingnorm die gaat over hinder van personen in gebouwen wordt voldaan.

Door de overdracht van de trillingen van de veldmetingen en de vloeren van de bestaande en nieuwe woningen blijkt geen versterking of verzwakking op te treden. Deze overdrachtscorrectie Veld - Fundatie - Woning is in 2018 en 2019 op factor 1 vastgesteld.

8.1.2 Bevindingen onderzoek trillinghinder 2021

Uit dit onderzoek in 2021 van de situatie en metingen blijkt het volgende:

Uit de metingen die in de referentiewoningen hebben plaatsgevonden blijkt dat aan de trillingnorm SBR-B die gaat over hinder van personen in gebouwen wordt voldaan. Gezien de grotere afstand en de ondanks gestelde afwijkingen van de, nieuwe woningen, van de Boks/Jongensschool en van de Gymzaal, wordt ruimschoots voldaan aan deze eis die geldt voor trillinghinder.

Tabel 8.1

Bewerkt onderzoek

De situatie	Correctie in dB	Streefwaarde SBR B *
De nieuwe woningen	20	voldoet
De Boks/Jongensschool	12	voldoet
De Gymzaal	7	voldoet

* Volgens de SBR-B geldt in de strengste periode (dat is de nachtperiode) en bij de strengste beoordeling een streefwaarde voor de maximale waarde van de effectieve trillingsnelheid $V_{\max}$ van $A_1 = 0,20$.

8.2 Bevindingen onderzoek laagfrequent contactgeluid

8.2.1 Bevindingen referentie-onderzoek laagfrequent contactgeluid 2019

Uit de trillingmetingen en analyse van de metingen in 2019 blijkt het volgende:

Uit de metingen die in de woningen hebben plaatsgevonden blijkt dat aan de GWR-norm die gaat over hinder van laagfrequent contactgeluid wordt voldaan.

8.2.2 Bevindingen onderzoek laagfrequent contactgeluid 2021

Uit dit onderzoek in 2021 van deze situatie en metingen blijkt het volgende:

Uit de metingen en berekeningen die in de referentiewoningen hebben plaatsgevonden blijkt dat aan de gestelde GWR- norm laagfrequent contactgeluid, die geldt in geluidgevoelige ruimten, wordt voldaan. Gezien de grotere afstand en de ondanks gestelde afwijkingen van de nieuwe woningen, van de Boks/Jongensschool en van de Gymzaal, wordt ruimschoots voldaan aan deze eis.

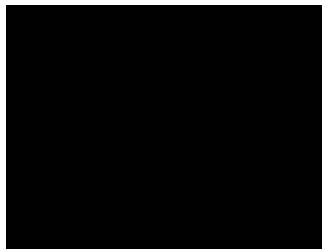
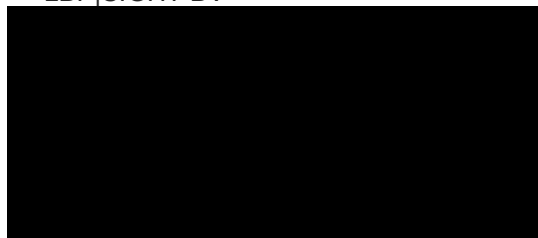
Tabel 8.2

Bewerkt onderzoek naar Laagfrequent Contactgeluid

De situatie	Correctie in dB	Grenswaarde GWR laagfrequent contactgeluid *
De nieuwe woningen	20	voldoet
De Boks/Jongensschool	12	voldoet
De Gymzaal	7	voldoet

* Er is rekening gehouden met de meest kritische ruimte (dat is de kleinste ruimte) zo dicht mogelijk bij de tunnel gesitueerd en een nagalmtijd die gebaseerd is op de werkelijk te verwachten nagalmtijd in deze ruimte.

LBP|SIGHT BV



Bijlage I

Beschrijving van de tunnel en het verkeer

De tweelaagse dubbele tunnel met dubbele rijbanen is onderdeel van het tracé van de A2 en N2 en loopt richting Luik (België) en richting Eindhoven. De twee onderste buizen zijn bedoeld voor het doorgaande verkeer A2. De bovenste twee buizen zijn bedoeld voor de afhandeling van het regionale verkeer N2. De tunnel is opgebouwd uit betonnen segmenten. Deze segmenten hebben een lengte van 24 m. Door alle tunnelbuizen is een aaneengesloten (gladde) asfaltlaag aangebracht.

Inspectie van de voegovergangen in 2018

In december 2018 is er bewust meerdere malen door alle tunnelbuizen gereden om zo vast te stellen of er zichtbare, merkbare en of voelbare voegovergangen aanwezig zijn vanuit een langzaam rijdende auto.

Het volgende is toen geconstateerd:

- In alle tunnelbuizen is glad asfalt aangetroffen zonder zichtbare overgangen in het asfalt.
- Bij alle tunnelbuizen zijn bij de op- en afritten de voegovergangen voelbaar in de testauto tijdens de passages.
- In drie tunnelbuizen zelf, konden geen voelbare of anders merkbare voegovergangen worden waargenomen.
- In de onderste tunnelbuis rijrichting Luik (in zuidelijke richting) werden vanaf de ingang tot circa 300 m in de tunnelbuis de voegovergangen wel licht voelbaar waargenomen tijdens het passeren met de testauto over de voegovergang (zichtbaar bij wanden en plafond).

Inspectie van de voegovergangen in 2021

In maart 2021 is er opnieuw meerdere malen door alle tunnelbuizen gereden om zo vast te stellen of er zichtbare, merkbare en of voelbare voegovergangen aanwezig zijn vanuit een rijdende auto.

Het volgende is toen geconstateerd:

- In alle tunnelbuizen is glad asfalt aangetroffen zonder zichtbare overgangen in het asfalt.
- Bij alle tunnelbuizen zijn bij de op- en afritten de voegovergangen voelbaar in de testauto tijdens de passages.
- In drie tunnelbuizen zelf, konden geen voelbare of anders merkbare voegovergangen worden waargenomen.
- In de bovenste tunnelbuis rijrichting Eindhoven (in noordelijke richting) werden vanaf de ingang tot circa 500 m in de tunnelbuis de asfalt laag als ruw ervaren.
- Aan het einde (laatste circa 100 m) van de beide bovenste tunnelbuizen (N2) zijn markering wissel blokken op het asfalt geplakt, dit zou mogelijk wat lichte trillingen kunnen geven.

Het verkeer en trillingen

Als de veronderstelling juist is dat eventuele trillingen in deze situatie veroorzaakt worden door het verkeer, menen we te kunnen stellen dat dit dan afhankelijk is van de passages van het (zware) vrachtverkeer. Daarbij is de gedachte dat bij oneffenheden in het wegdek (zoals bijvoorbeeld bij de voegen van de tunnelelementen) trillingen kunnen ontstaan.

Uurgemiddelden van het vrachtverkeer

Uit de algemeen beschikbare verkeersgegevens van 2019 (nieuw uitgangspunt) komt het volgende naar voren met het oog op het zware vrachtverkeer.

Totaal aantal passages van zwaar vrachtverkeer in een etmaal op doordeweekse dagen:
Tunnel deel N2 = 1074 passages per etmaal en tunnel deel A2 = 5450 passages per etmaal (2019). Voor de verdeling van het verkeer over het etmaal worden de volgende waarden gehanteerd:

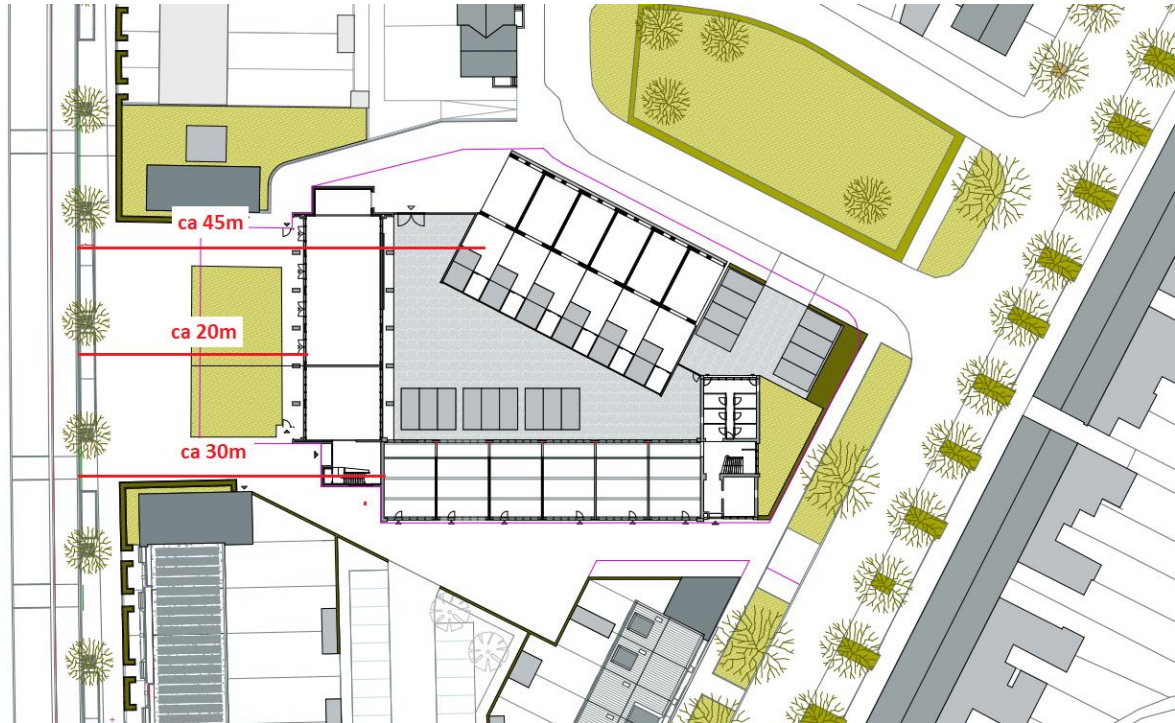
Periode van het etmaal	dag	avond	nacht
Uren	12	4	8
Standaard verdeling per uur	6,7	2,7	1,1
Aantal passages N2	863	116	95
Aantal passages A2	4382	589	479

Dat betekent voor de dag periode waarin gemeten is en het tunneldeel N2 = 72 passages per uur en tunnel deel A2 = 365 passages per uur, dit aantal passages is voldoende om de A1-waarde uit de SBR B-normering over trillingen te kunnen beoordelen.

Nuancering telling, op dit moment (maart 2021) is er een lockdown van kracht in verband met het virus COVID 19. Dit zou flinke invloed kunnen hebben op het aantal lichte motorvoertuigen. Op het zware vrachtverkeer worden er geen grote correctie op de aantallen verwacht.

Bijlage II

De woningen en bouwmethodiek



Figuur II.1

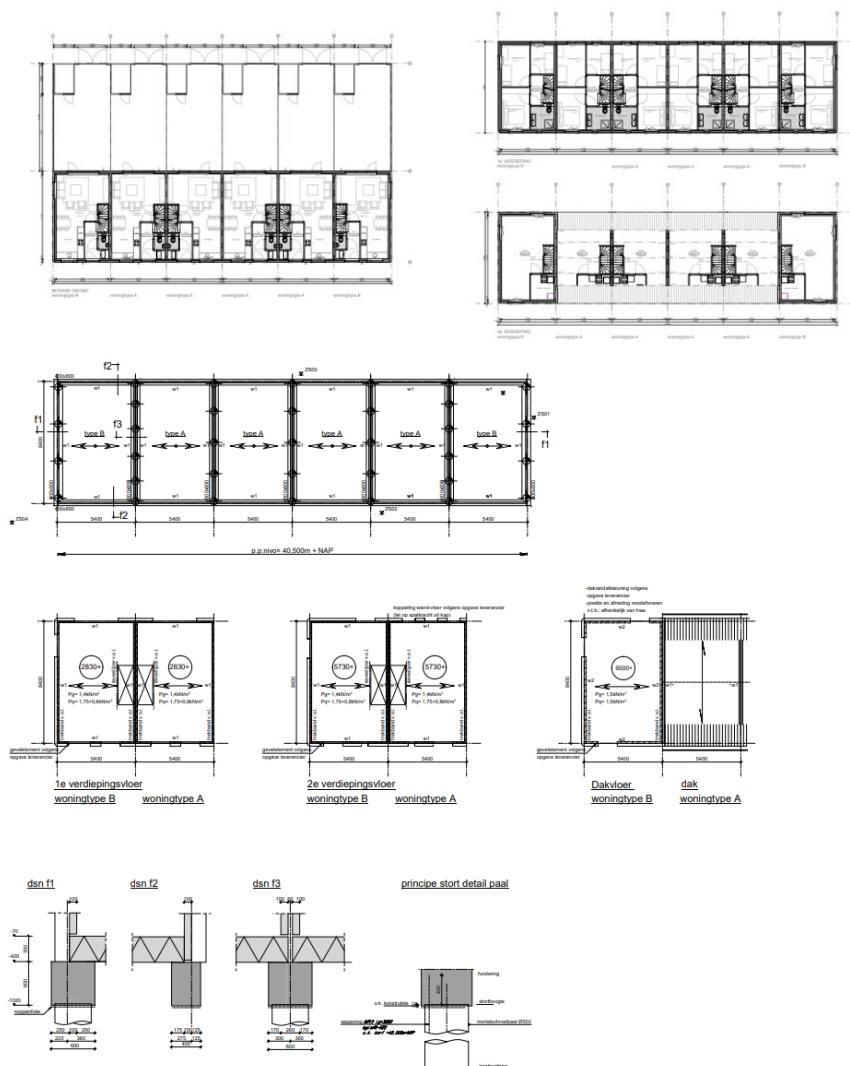
Situatie: op circa 45 m de nieuwbouw, op circa 20 m de Gymzaal en op circa 30 m de Jongens/Boksschool

DE NIEUWBOUW WONINGEN



Figuur II.2

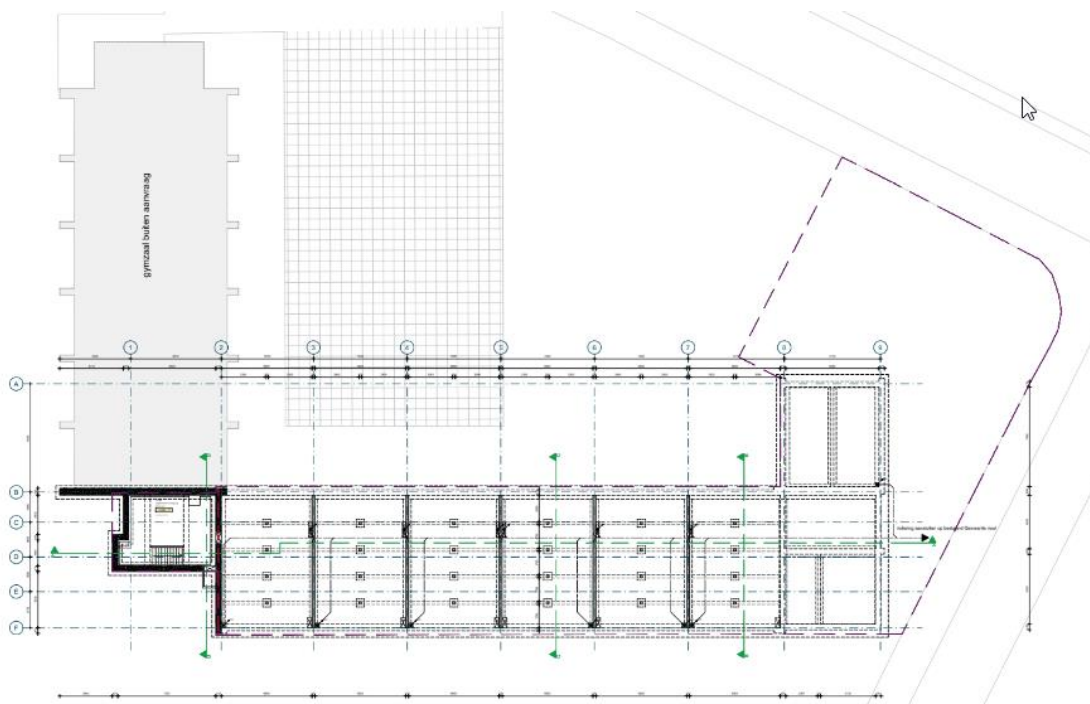
De gevelaanzichten voor, achter en zij (nieuwbouw)



Figuur II.3

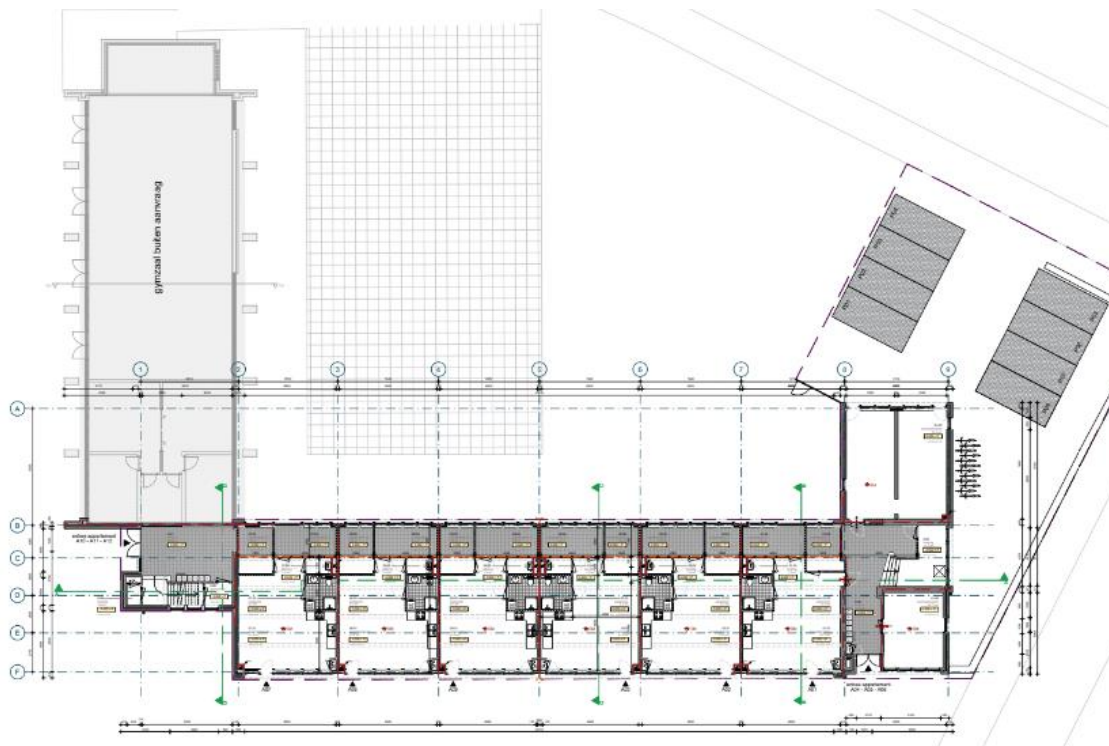
Palenplan (nieuwbouw)

BOKS/JONGENSSCHOOL



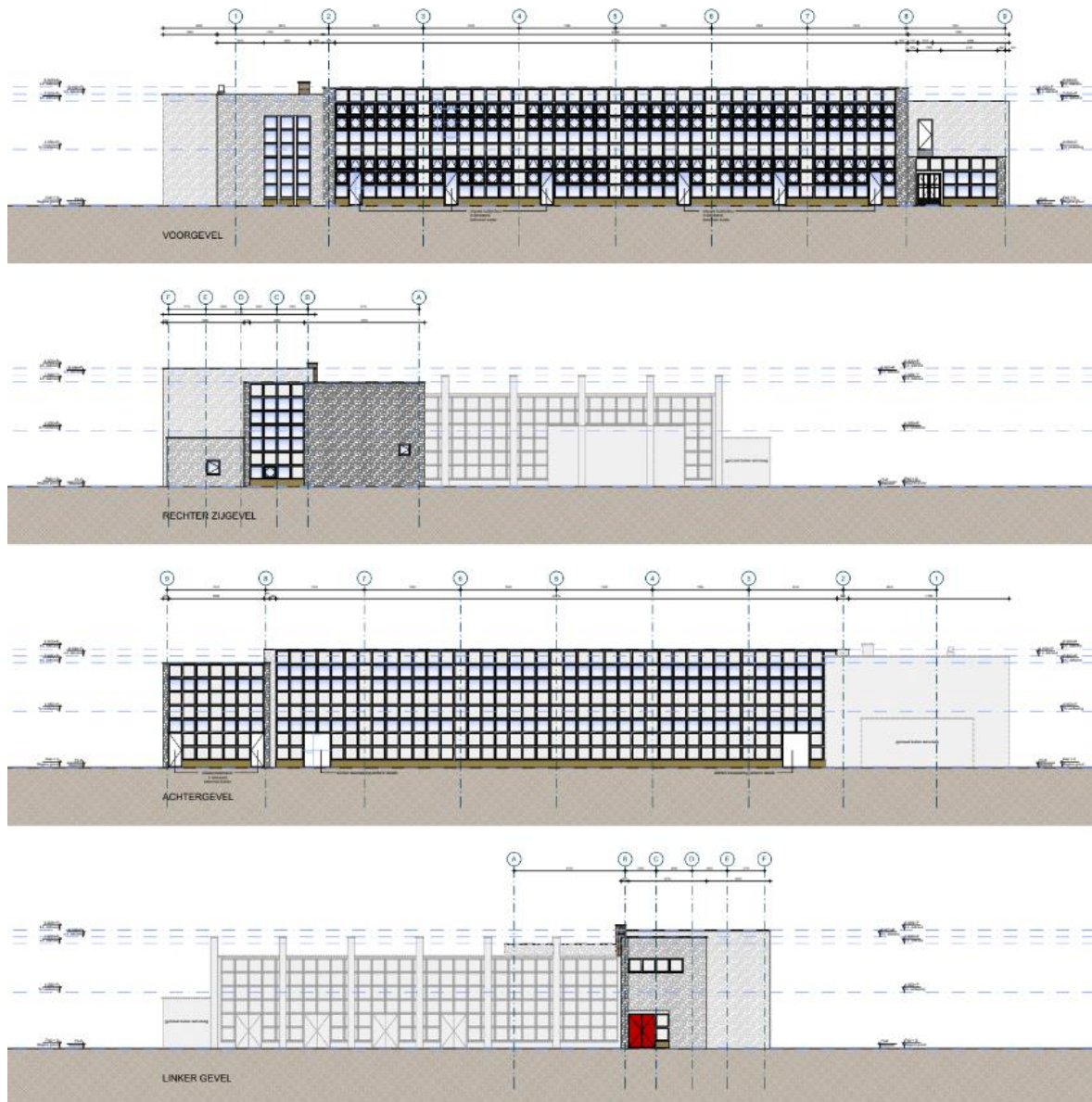
Figuur II.4

Huidige palenplan (Boks/Jongensschool)



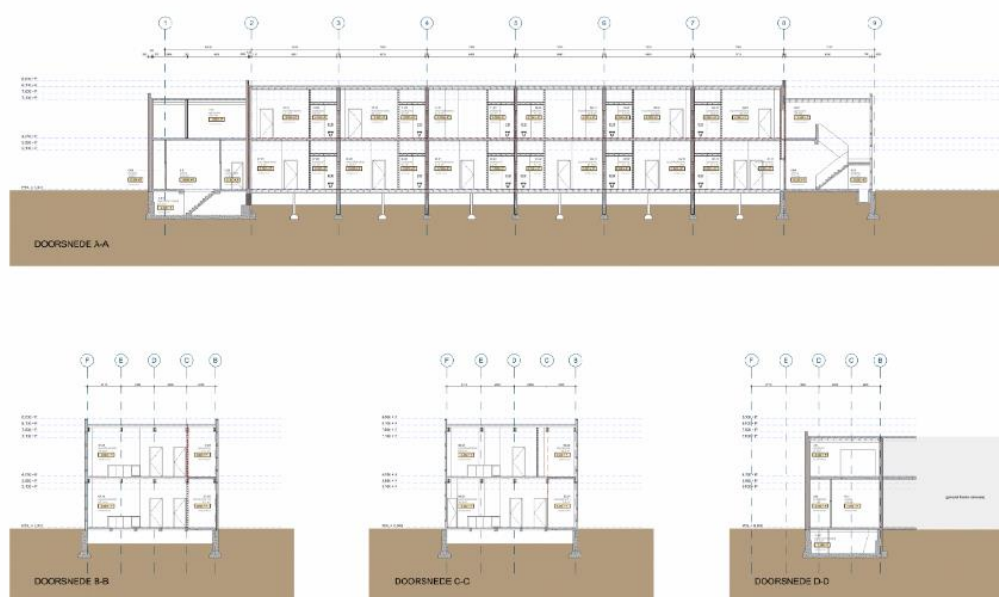
Figuur II.5

Huidige plattegrond (Boks/Jongensschool)



Figuur II.6

Voor-, achter- en zijaanzichten huidige (Boks/Jongensschool)



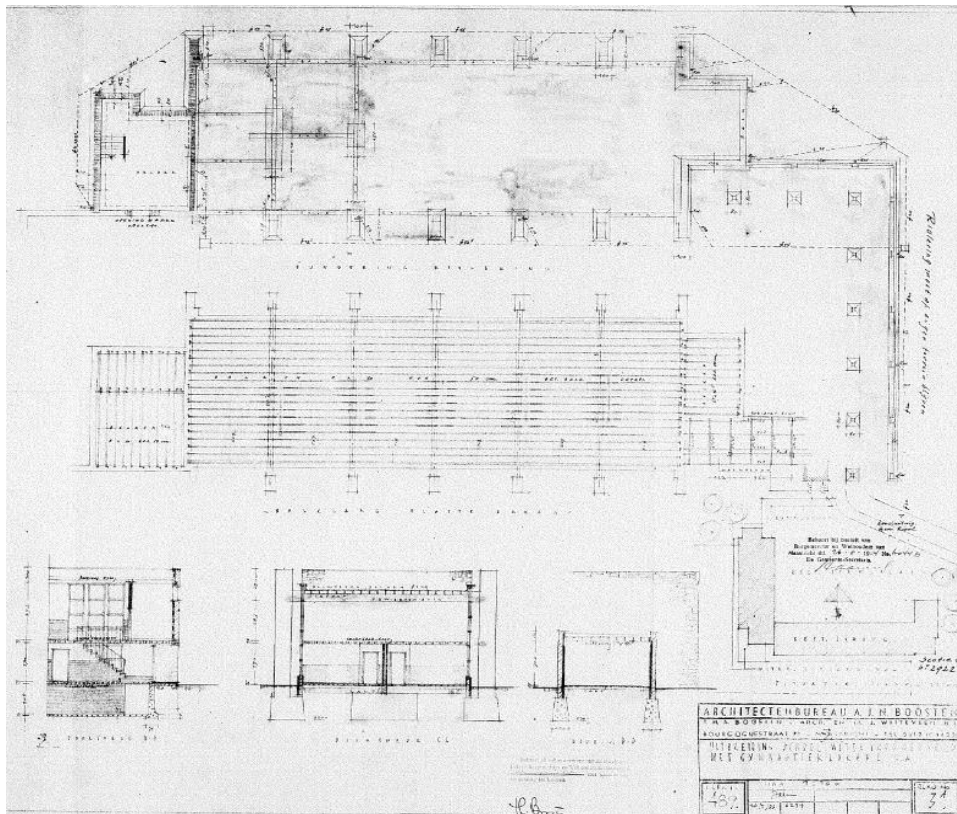
Figuur II.7
Huidige doorsneden (Boks/Jongensschool)

GYMZAAL

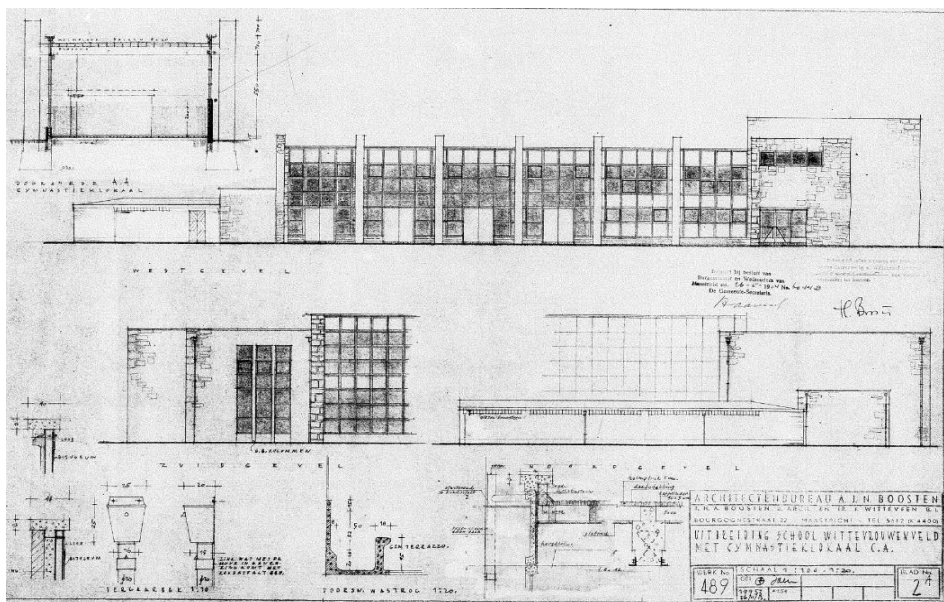
Vleugel Gymzaal (T. Boosten, 1954)



Figuur II.8
Huidige gevels (Gymzaal)



Figuur II.9
Huidige doorsneden en dergelijke (Gymzaal)



Figuur II.10
Huidige doorsneden en dergelijke (Gymzaal)

Bijlage III

Trillingoverdrachtsberekeningen in de bodem

Voor het bepalen van demping van een trilling kan de Barkan formule worden gebruikt. Hierin wordt gebruik gemaakt van een bron, geometrische uitbreiding en vervolgens de demping door de bodem.

$$\text{Barkan formule} = V_R = V_{R,0} * \left(\frac{R_0}{R}\right)^n * e^{-\alpha(R-R_0)}$$

V_R = Trillingssnelheid op een bepaalde afstand R [$\frac{m}{s}$]

$V_{R,0}$ = Gemeten trillingssnelheid op afstand R_0 [$\frac{m}{s}$]

n = 0,5 voor R-golven , 1 tot 2 voor P- of S-golven

α = Materiaaldemping in de bodem [$\frac{1}{m}$]

VR0	0,1	mm/s				
	0,0001	m/s				
R0	5	m				
n	0,5	Voor R golven				
alfa	0,01	per m				
	0,1	per m				
	0,03	per m	<verwachte demping voor zand bij 50 Hz			
	0,0033	per m	<verwachte demping voor zand bij 5 Hz			
			Afstand [m]	45	30	20
			Vmax (min) [mm/s]	0,001	0,003	0,01116
			Vmax (max) [mm/s]	0,029	0,038	0,048
				89	92	94
			negatieve afstand correctie	11	8	6
			realistische afstand correctie	20	14	10
			De situatie			correctie in dB
			De nieuwe woningen bevinden zich op circa 45 m van de tunnelbuis			20
			De Boks/Jongensschool ligt op circa 30 m van de tunnelbuis			14
			De Gymzaal bevindt zich op circa 20 m van de tunnelbuis			10

Bijlage IV

Normering hinder van personen door trillingen

Normering hinder van personen door trillingen

In deze situatie moet er vooral gedacht worden aan hinder van personen door trillingen. Schade aan gebouwen door verkeerstrillingen kan naar onze mening worden uitgesloten, wat ook gestaafd is door de metingen. Om die reden moet er getoetst worden aan de trillingrichtlijn SBR-B die gaat over hinder van personen in gebouwen door trillingen conform de kaders uit het bestemmingsplan.

Beoordeling hinder door trillingen

Ter beoordeling van mogelijk optredende hinder worden trillingmetingen verricht en getoetst aan de streefwaarden in de richtlijn SBR-B: 'Hinder voor personen in gebouwen; Meet- en beoordelingsrichtlijn'. Deze eisen betreffen in de onderhavige situatie herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, in nieuwe en bestaande situaties en bij de functie wonen.

Tabel 3.1

Eisen binnen gebouwen, functie wonen

Periode	Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen, bestaande situatie		
Dag- en avondperiode	$A_1 = 0,2$	$A_2 = 0,8$	$A_3 = 0,1$
Nachtperiode	$A_1 = 0,2$	$A_2 = 0,4$	$A_3 = 0,1$

A_1 : streefwaarde voor de maximale waarde van de effectieve trillingsnelheid $V_{\max}$ [mm/s]

A_2 : hoogste streefwaarde voor de maximale waarde van de effectieve trillingsnelheid $V_{\max}$ [mm/s]

A_3 : streefwaarde voor het kwadratisch gemiddelde van de maxima van de effectieve waarde van de trillingsnelheid V_{per} [mm/s]

Toetsing hinder door trillingen

In dit stadium van het onderzoek wordt er getoetst aan de strengste eis die gesteld wordt volgens de systematiek van de SBR-B zijnde: **$A_1 = 0,2$**

Bijlage V

Normering laagfrequente contactgeluid

Het is zinvol om de kaders met betrekking tot eisen en regelgeving te vermelden voor zover deze bestaan of van toepassing zijn. In de omgeving moeten eisen worden gesteld aan het toelaatbare laagfrequent contactgeluid, deze eisen moeten garanderen dat de hinder beperkt blijft.

In Nederland bestaan op dit moment nog geen wettelijke regelingen en normen die grenswaarden met een beoordelingssysteem voor toelaatbare laagfrequent contactgeluid geven. Wel bestaat de richtlijn van de NSG over laagfrequent geluid. Ook zijn er de zogenaamde Vercammen-curves die gaan over toelaatbaarheid van laagfrequent geluid.

Eisen aan laagfrequent geluid door trillingen

GWR-richtlijn laagfrequent infrageluid

Speciaal voor tunnel en railinfra is in de jaren 90 door Gemeentewerken Rotterdam een richtlijn opgesteld voor laagfrequent geluid die octaafbandspectra en A-gewogen geluiddrukkniveaus voor kantoren en woningen aanwijst. Deze geluiddrukkniveaus mogen bij geen enkele octaafband worden overschreden. Deze richtlijn is specifiek bedoeld voor beperking van geluidhinder van (ondergrondse) (rail)infra. De grens aan het totale A-gewogen geluidniveau tussen 10 en 250 Hz komt overeen met de boven afgeleide grens aan het passageniveau volgens (het wettelijk kader) de Wet geluidhinder.

Tabel IV.1

Referentiecurve bovengrenzen voor geluiddrukkniveaus vanwege een passage infra, volgens GWR

Octaafband middenfrequentie (Hz)	16	31,5	63	125	10-250 Hz
	lin	lin	lin	lin	(A)
Referentieniveau woningen (dB)	80	68	55	45	35
Referentieniveau winkel - kantoor (dB)	85	73	60	50	40

Toe te passen normering

De GWR-richtlijn omvat de uitgangspunten die gegeven worden bij de verschillende beoordelingen van laagfrequent geluid en omvat meer dan het wettelijk kader van de Wet geluidhinder. Deze richtlijnen zijn expliciet gericht op geluid van tunnel en railinfra.

De NSG-richtlijn en de Vercammen-richtlijn zijn strenger, maar missen de relevantie voor bronnen van ondergrondse passages.

Voor de toetsing moet daarom de meeste waarde worden gehecht aan de GWR-richtlijn. In de kaders van de bestemmingsplannen wordt dit ook vereist.

Bijlage VI

Fotoblad trillingmetingen in 2018



Mp F: 1^e etage op het vloerveld nr.189A



Mp B: tussen 187 en 189 in



Mp C: ter hoogte van nr. 189



Mp D: op 5 meter afstand van de tunnelbuis tussen woning nr. 187 en nr.189



Mp E: 4^e etage op het vloerveld nr.187D

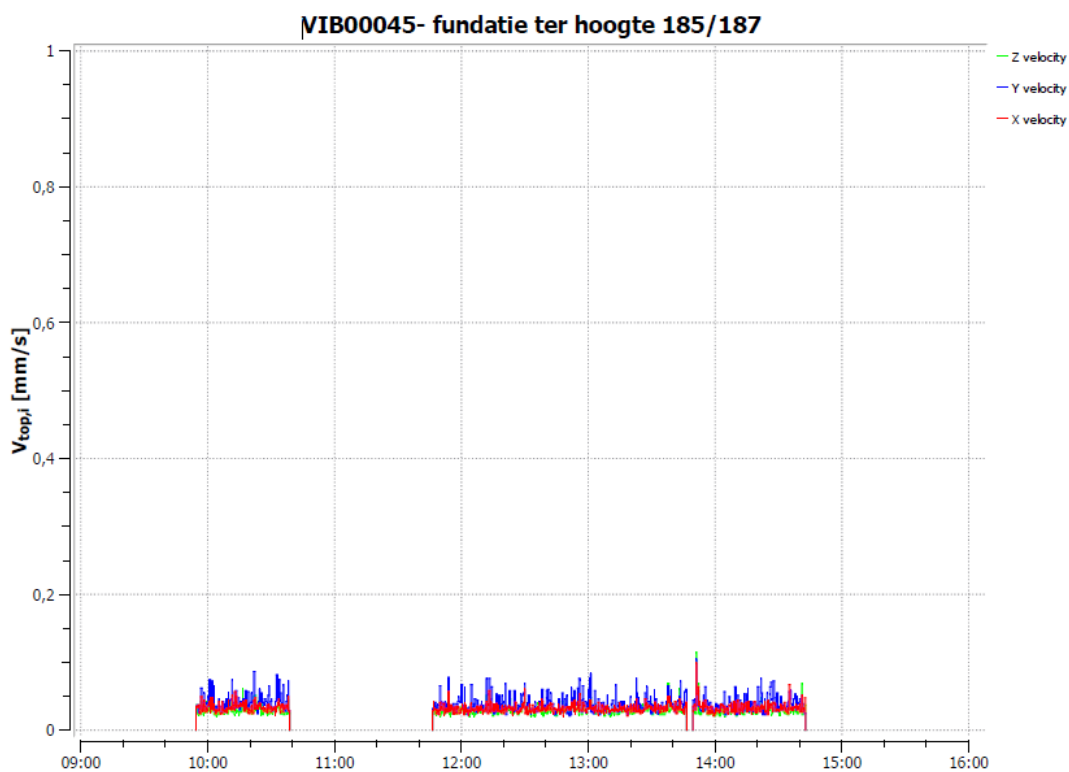
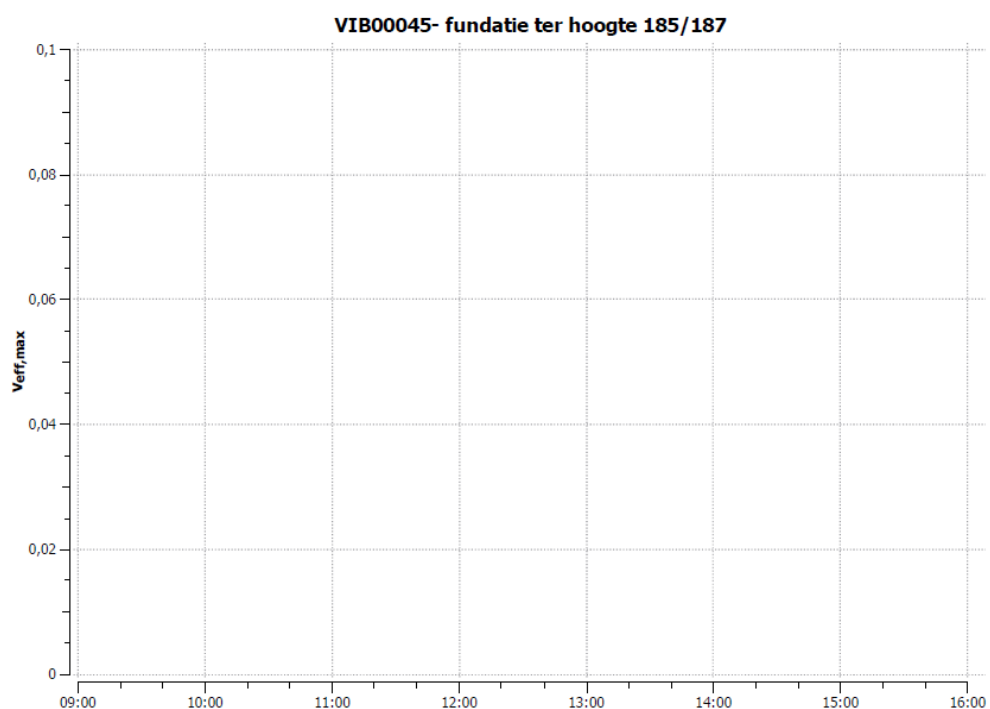


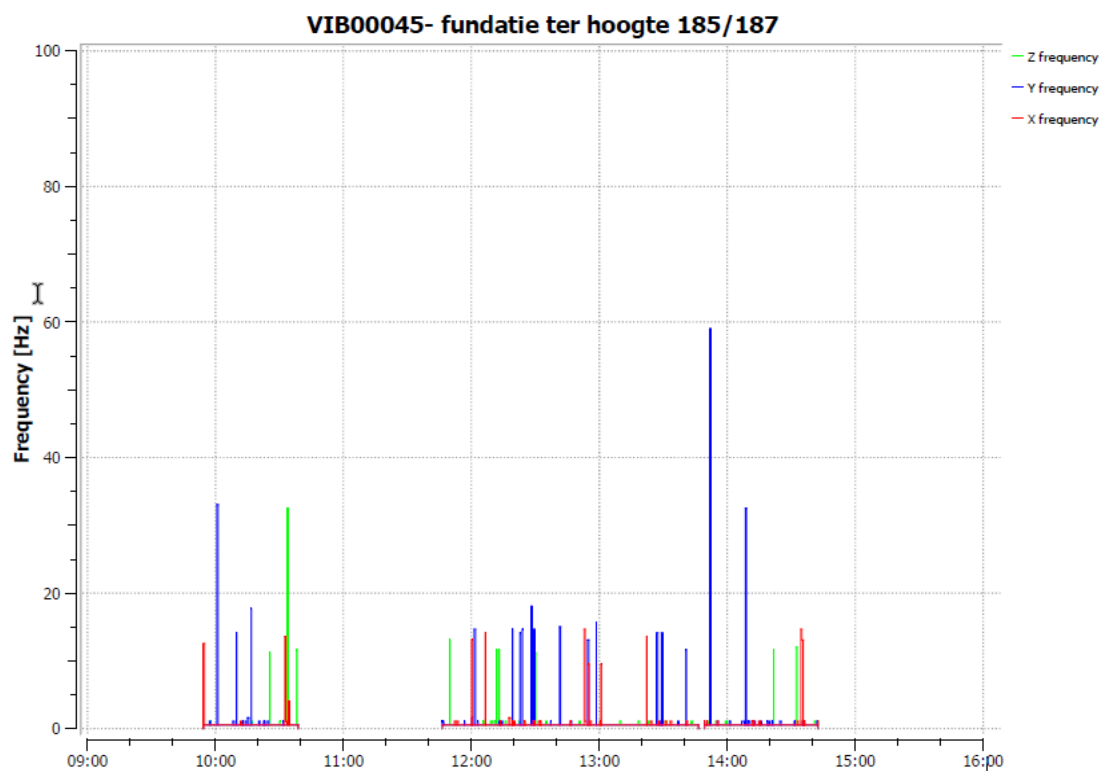
Mp A: ter hoogte van nr. 187

Bijlage VII

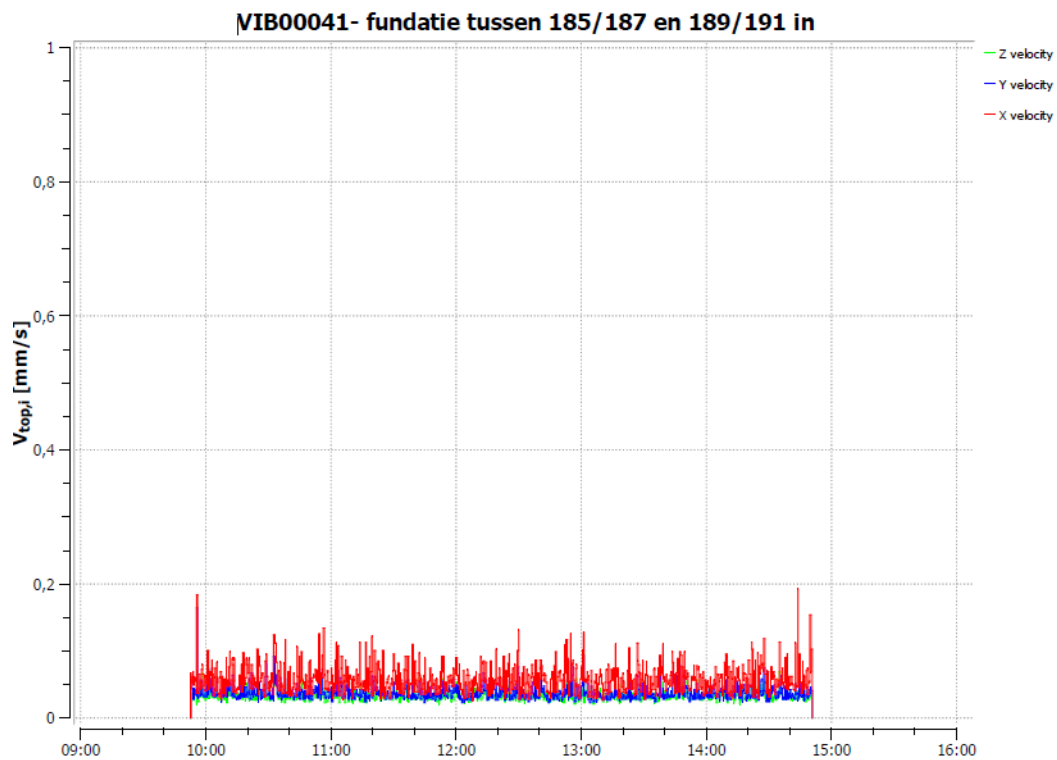
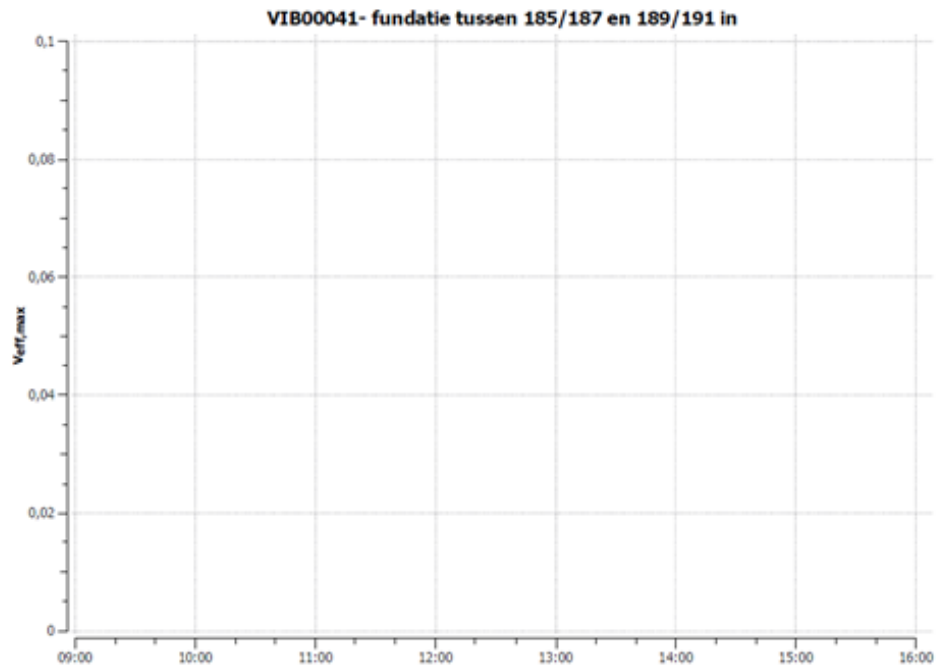
Meetresultaten trillinghinder in 2018

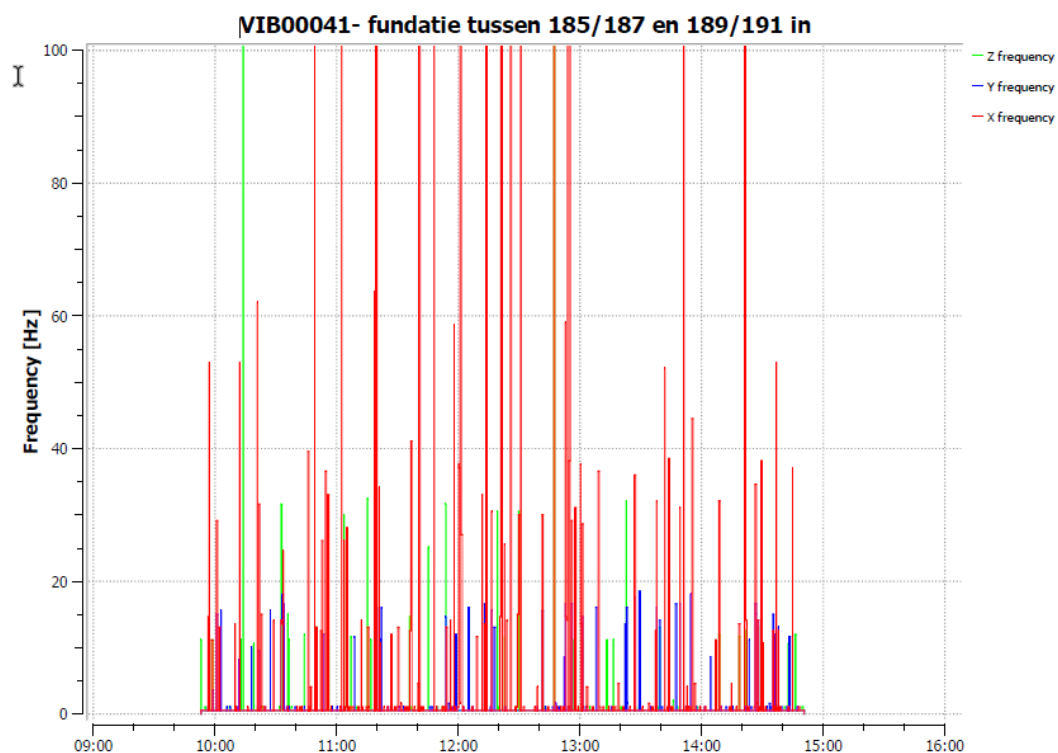
Meetpunt A: fundatieniveau ter hoogte van nr. 187



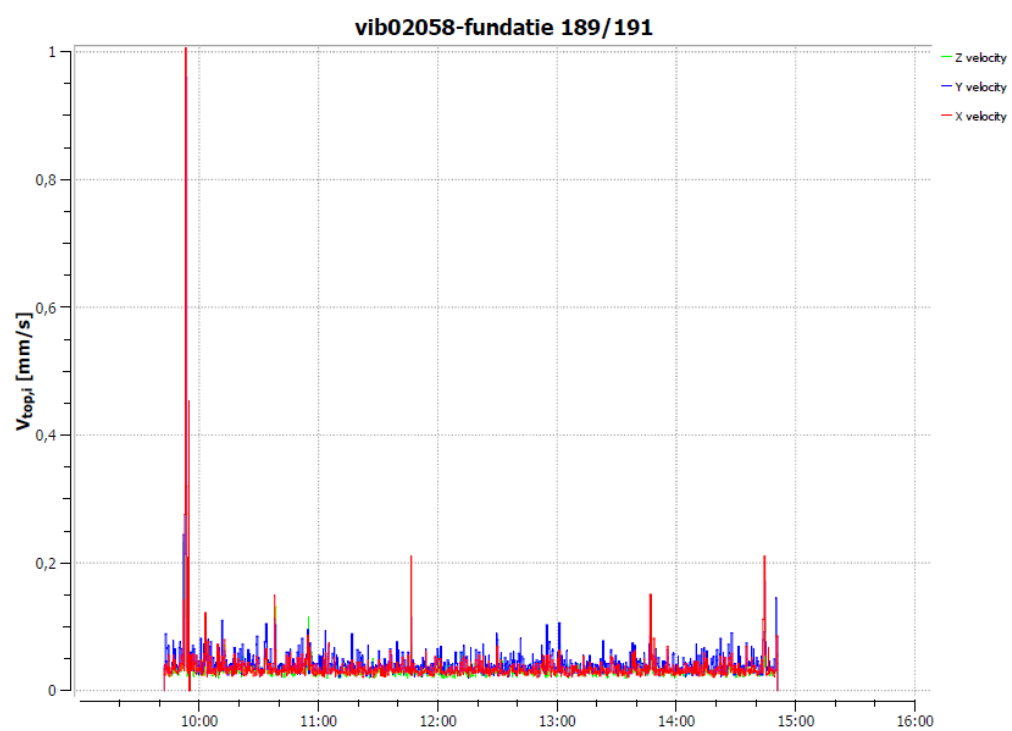
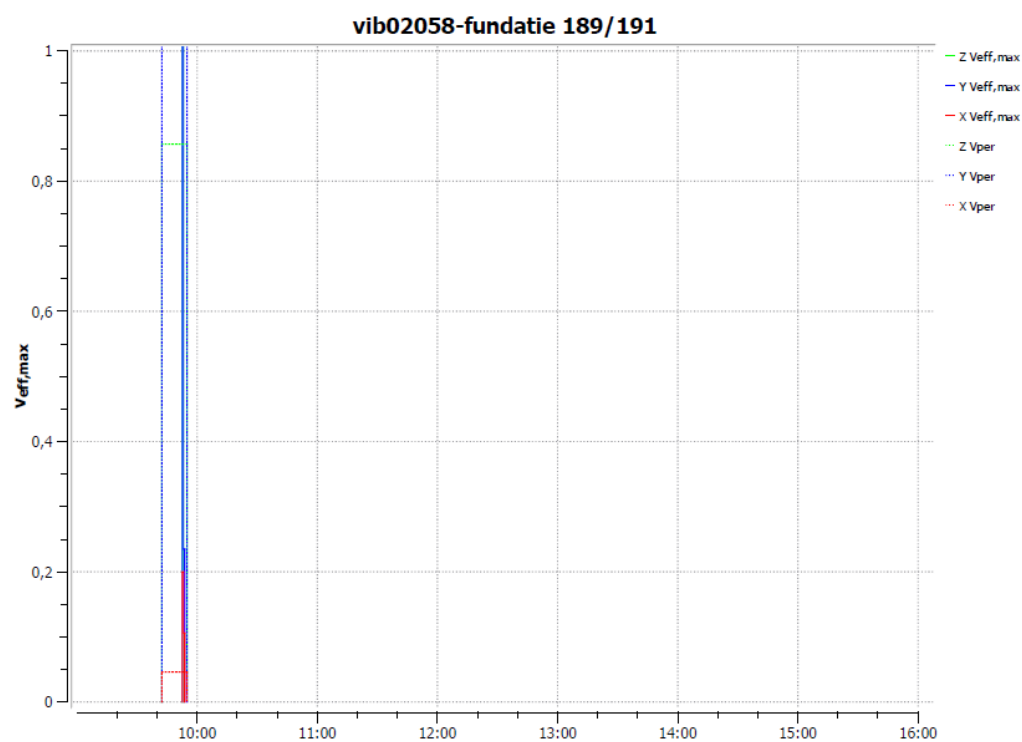


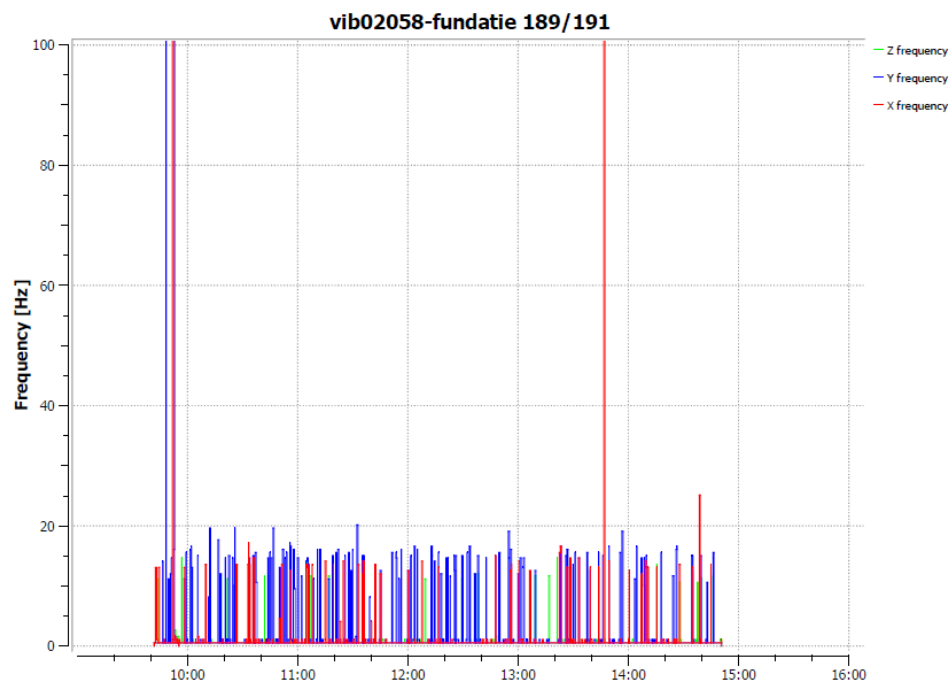
Meetpunt B: fundatieniveau tussen nr. 185/187 en nr. 189/191



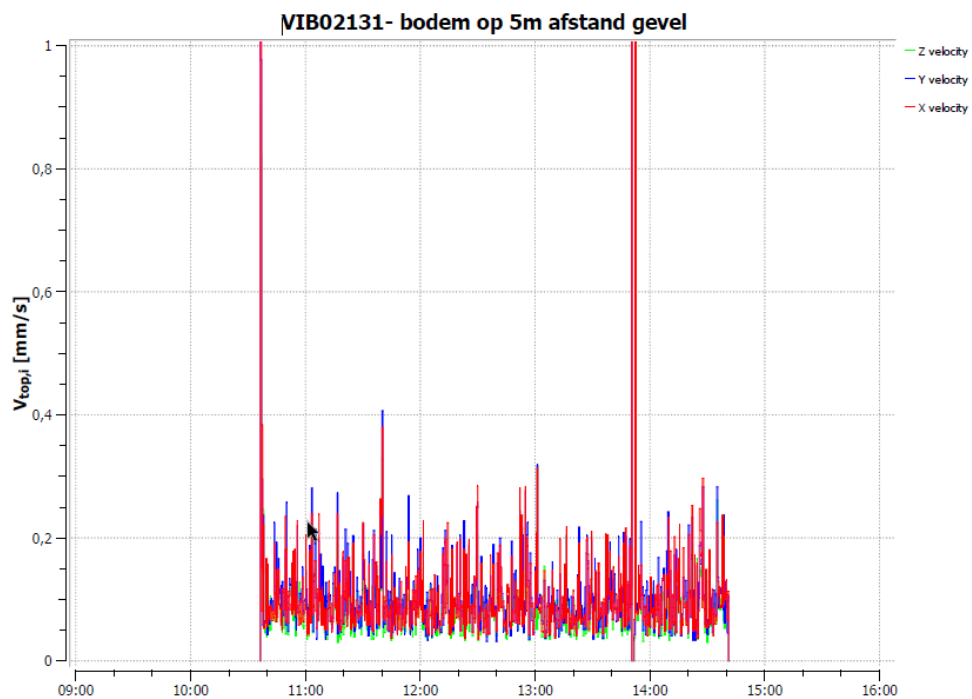
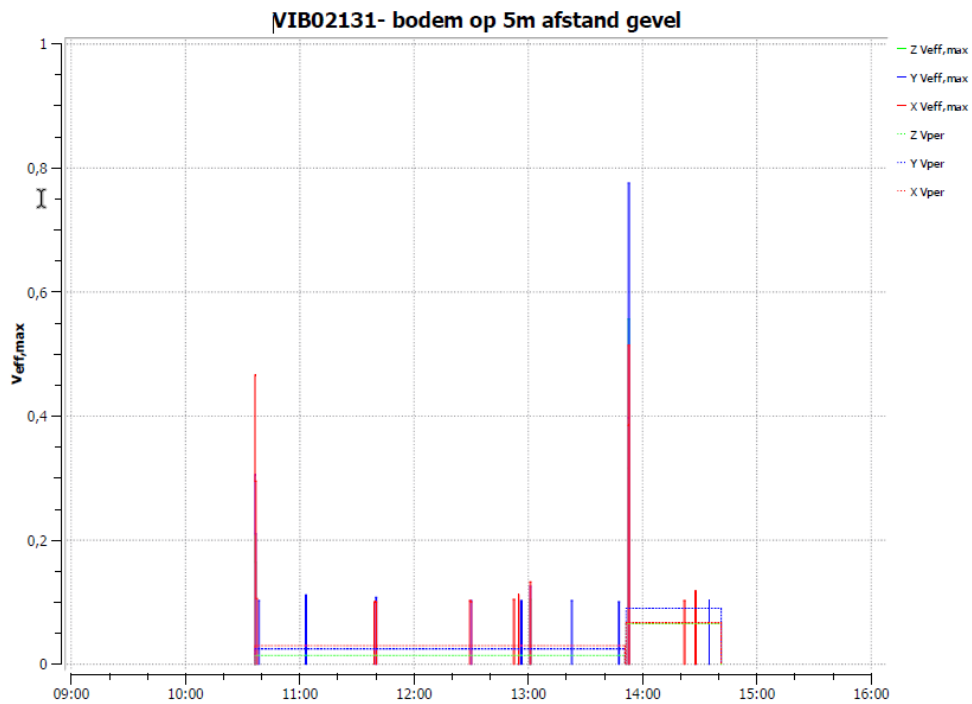


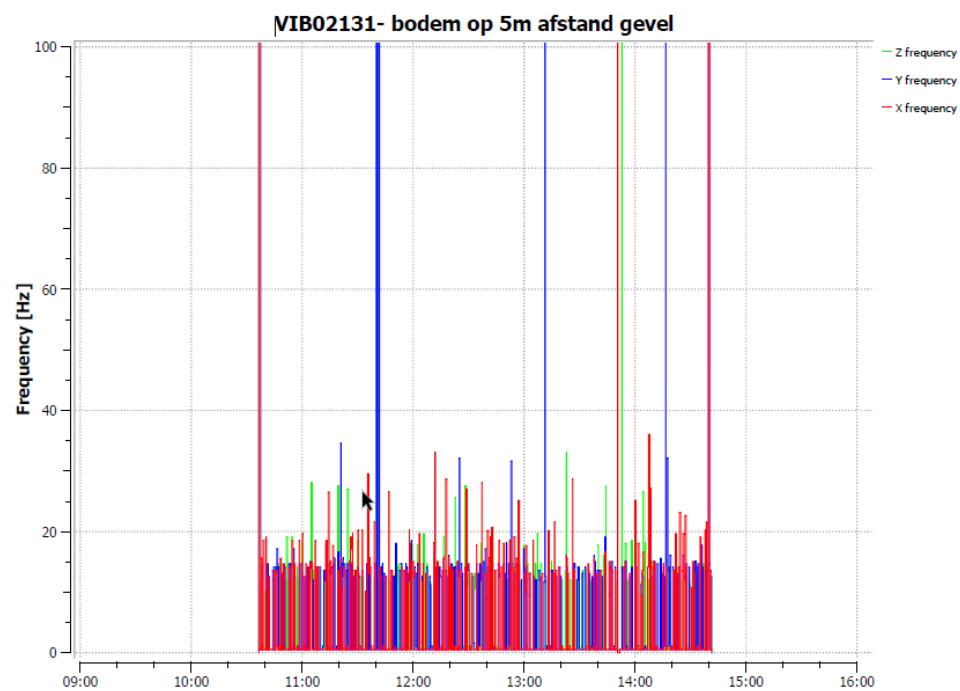
Meetpunt C: fundatieniveau ter hoogte van nr. 189



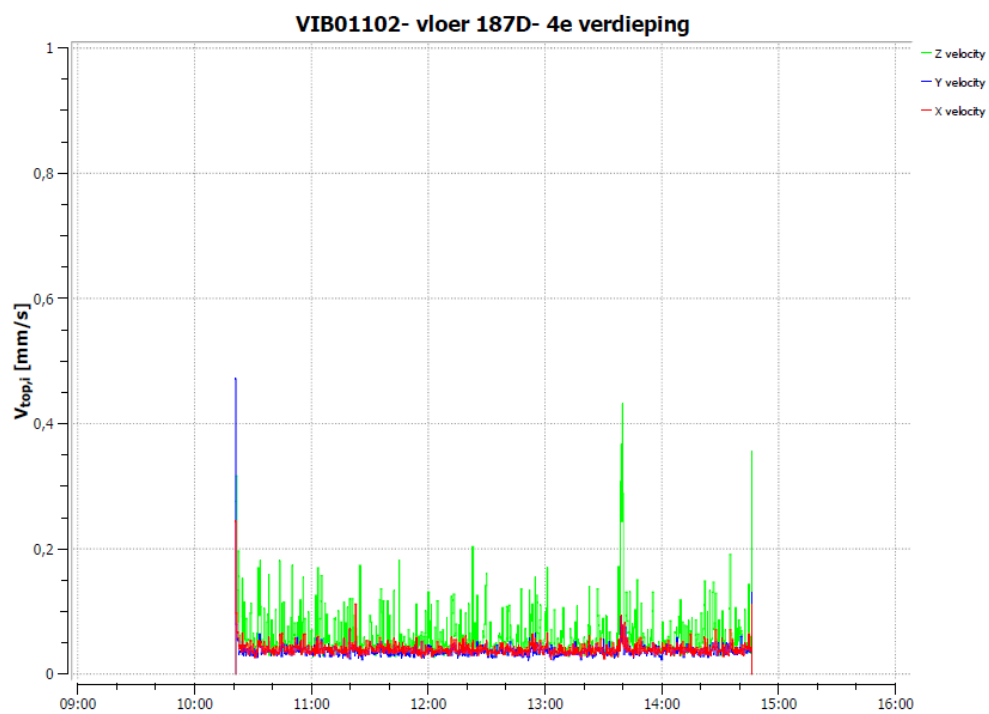
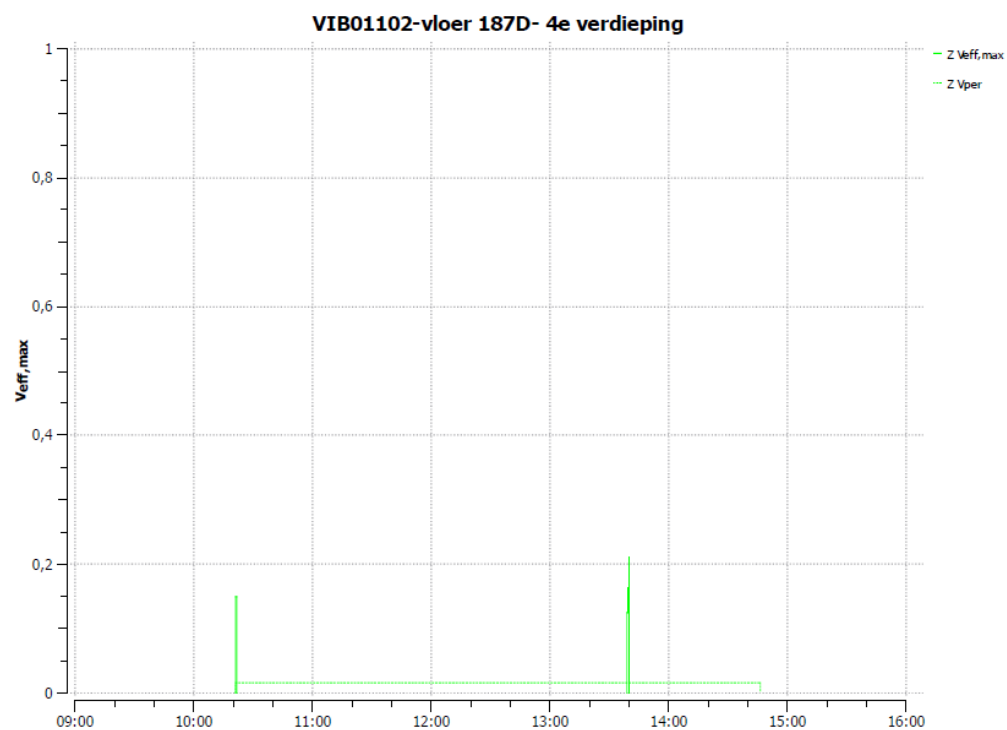


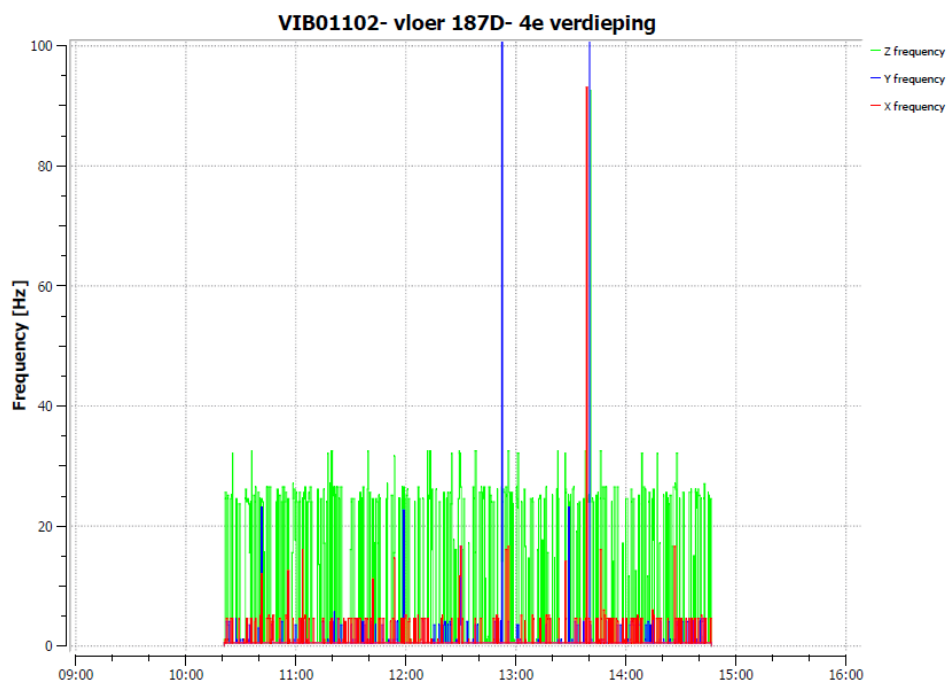
Meetpunt D: op 5 m afstand van de tunnelbuis tussen woning nr.187 en 189



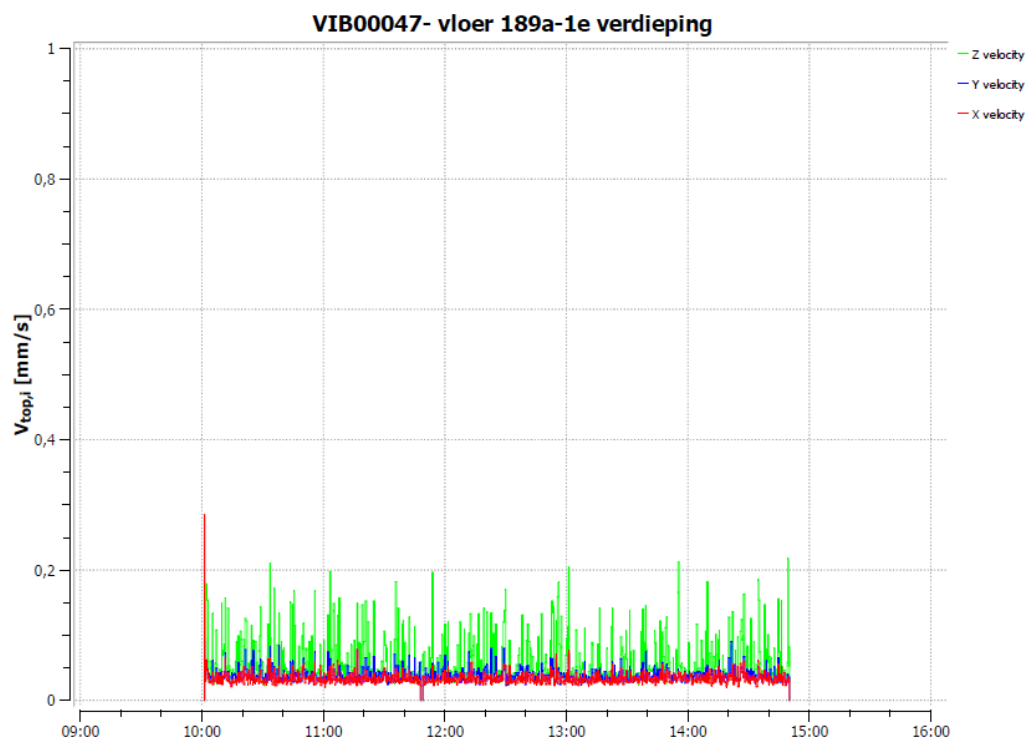
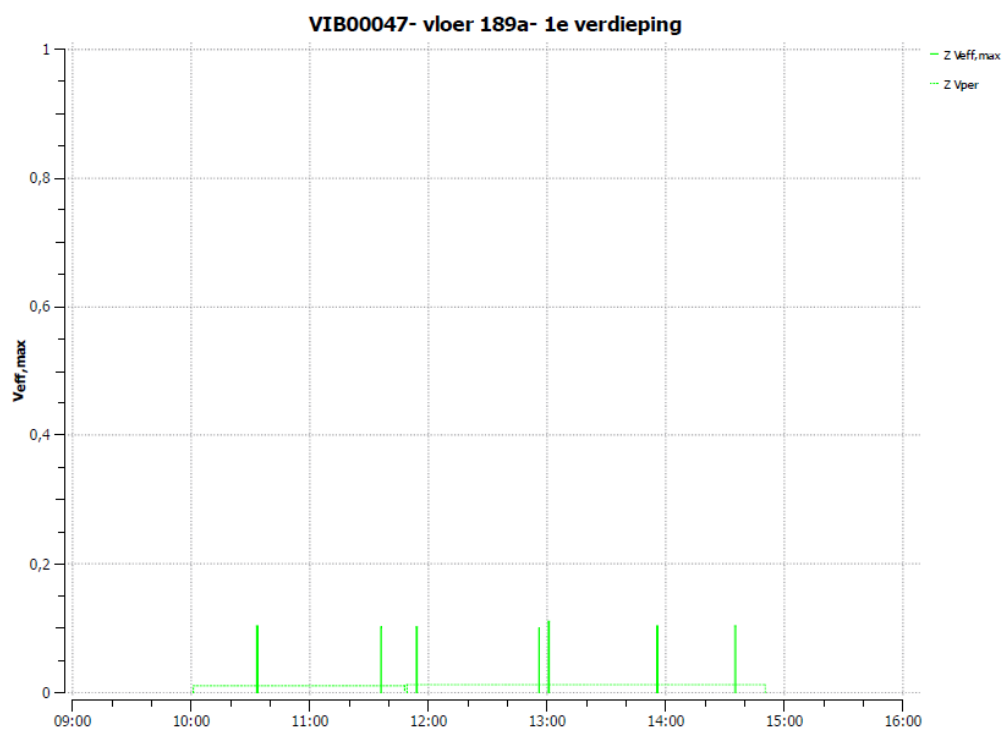


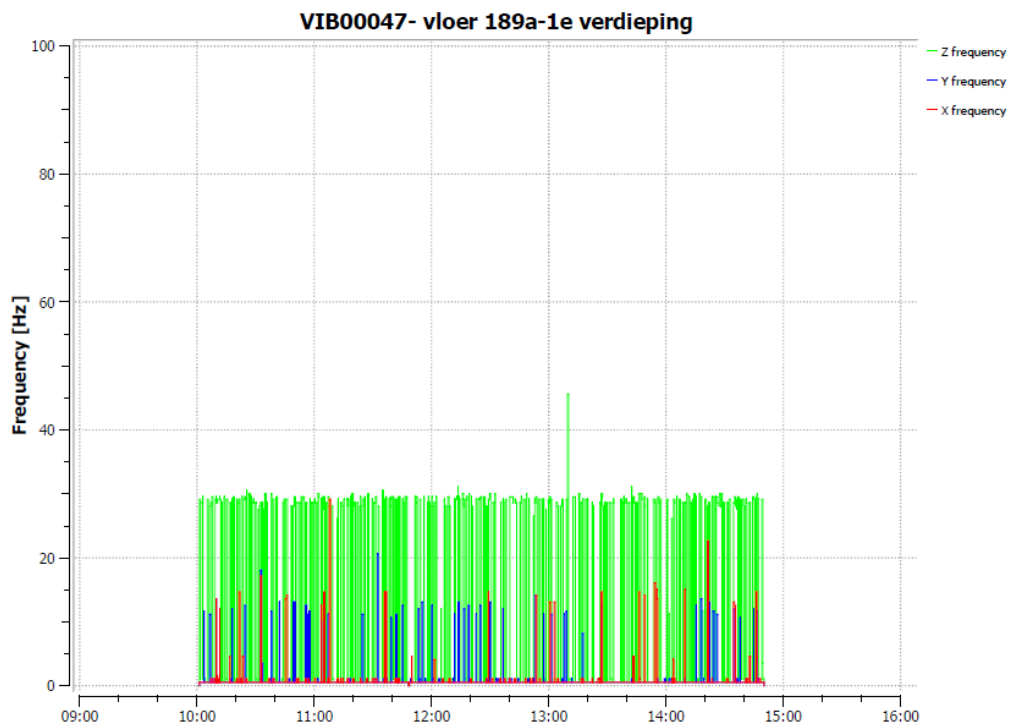
Meetpunt E: 4^e etage op het vloerveld van nr.187D





Meetpunt F: 1^e etage op het vloerveld van nr.189A





Bijlage VIII

Fotoblad metingen laagfrequent contactgeluid in 2019



Trillingmeetpunt 1, het vloerveld



Trillingmeetpunt 2, woningscheidende wand



Trillingmeetpunt 3, lange binnenwand



Trillingmeetpunt 4, penant voorgevel (en op de vloer)



De meettechnicus



Trillingmeetpunt 6, penant achtergevel

Bijlage IX

Metingen van laagfrequent contactgeluid

Metingen

A weging	(A correctie)		72,7	68,7	64,7	60,7	56,7	50,5	44,7	39,4	34,6	30,2	26,2	22,5	19,1	16,1	13,4	10,9	8,6	6,6
	Frequency [Hz]		6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
me2	191A Mp 1	vloer	-10,0	-6,7	-4,3	0,1	1,9	6,6	19,5	26,4	17,5	17,1	19,0	15,9	14,9	16,2	16,7	-10,9	-8,6	-6,6
me3	191A Mp 2	binnenmuur	-9,8	-6,3	-1,2	4,4	3,3	10,5	13,7	17,5	19,3	19,2	17,6	17,2	16,8	16,7	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
me4	191A Mp 3	buitenmuur	-20,8	-11,8	-7,8	0,1	-2,1	6,4	12,4	17,7	21,7	24,1	33,2	26,5	32,1	37,4	36,4	32,8	30,1	35,7
me5	191A Mp 4	pen-voor	-6,1	-12,0	-4,1	9,2	18,5	22,1	23,4	28,2	24,5	26,1	27,8	30,9	33,1	36,0	32,9	32,6	33,3	34,5
me6	191A Mp 5	plafond	-18,7	-11,4	-4,5	2,3	6,5	11,7	28,5	30,7	25,7	27,8	24,5	20,9	20,6	22,3	24,9	25,9	28,0	28,7
me7	191A Mp 6	pen-achter	-15,2	-12,8	-10,2	-0,1	5,0	8,3	8,9	12,7	19,8	28,4	25,8	22,8	30,4	39,1	32,1	25,5	30,8	34,9
me8	189B Mp 1	vloer	-18,7	-14,1	-4,8	2,5	5,6	12,2	28,1	29,1	26,3	28,9	30,1	27,2	31,7	36,6	34,3	35,9	32,0	34,5
me9	189B Mp 2	binnenmuur	-12,4	-10,3	-6,3	1,8	4,7	8,0	16,9	15,8	20,4	22,7	19,9	18,4	18,0	18,4	18,7	-10,9	-8,6	-6,6
me10	189B Mp 3	buitenmuur	-17,5	-14,7	-8,0	4,3	8,8	11,5	23,3	29,3	39,9	27,3	30,9	29,8	23,6	27,6	26,2	27,9	28,7	25,6
me11	189B Mp 4	pen-voor	-14,1	-11,4	-5,7	-0,7	7,2	14,9	20,8	25,0	25,3	30,0	33,1	34,9	29,0	27,8	28,0	25,1	30,5	29,4
me12	189B Mp 5	plafond	-12,4	-8,8	-4,9	-0,4	1,7	9,9	26,2	20,2	18,7	20,2	18,0	17,5	17,8	19,6	18,3	-10,9	-8,6	-6,6
me13	189B Mp 6	pen-achter	-13,3	-10,4	-3,9	1,8	8,3	13,8	20,1	27,3	27,7	30,8	33,8	28,7	26,4	27,2	27,2	24,2	24,9	25,7
me14	187C Mp 1	vloer	-9,3	-7,4	-5,2	-0,2	1,8	7,5	19,7	14,3	13,5	10,3	12,5	12,4	19,2	18,6	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6
me15	187C Mp 2	binnenmuur	-15,9	-14,9	-12,2	-7,8	0,8	9,2	18,0	22,7	26,1	30,2	21,2	19,2	27,3	36,0	29,5	26,7	25,5	25,8
me16	187C Mp 3	buitenmuur	-15,2	-14,6	-12,9	-9,2	1,8	8,8	16,7	28,7	26,9	32,0	24,8	23,5	28,2	38,1	34,3	31,5	25,7	35,7
me17	187C Mp 4	pen-voor	-11,7	-12,1	-13,0	-3,8	4,6	16,1	17,1	21,5	22,3	33,7	35,0	28,6	30,4	38,0	29,4	25,3	28,7	30,3
me18	187C Mp 5	plafond	-9,6	-7,1	-4,2	-1,7	2,5	8,2	16,5	12,2	13,4	24,0	14,1	12,9	18,5	18,9	20,5	-10,9	-8,6	-6,6
me19	187C Mp 6	pen-achter	-10,9	-9,8	-8,7	-3,1	3,7	13,0	15,7	26,8	27,1	29,8	25,9	29,7	27,1	34,4	26,6	22,7	-8,6	-6,6
me20	185D Mp 1	vloer	-19,0	-13,2	-6,0	1,2	3,6	13,3	23,9	27,1	27,7	30,2	25,8	28,9	29,3	30,0	34,1	28,1	27,9	36,7
me21	185D Mp 2	binnenmuur	-9,1	-7,8	-3,9	1,3	0,1	6,4	13,8	11,3	12,9	25,6	21,9	23,5	22,1	16,5	21,5	-10,9	-8,6	-6,6
me22	185D Mp 3	buitenmuur	-13,3	-12,5	-8,8	-0,8	-2,1	4,8	20,9	33,9	31,2	29,9	30,6	18,6	30,5	38,0	36,3	36,0	40,8	35,3
me23	185D Mp 4	pen-voor	-10,7	-9,8	-7,1	-1,3	1,0	10,7	23,6	29,8	29,6	35,1	40,3	31,5	32,7	35,0	31,7	39,6	35,2	31,1
me24	185D Mp 5	plafond	-13,5	-9,2	-3,3	3,8	6,3	18,8	29,6	27,1	26,5	28,8	20,4	19,1	24,1	20,5	24,2	21,7	-8,6	-6,6
me25	185D Mp 6	pen-achter	-9,9	-8,1	-6,3	-2,9	-0,1	7,0	11,2	17,0	17,7	27,4	20,2	20,3	22,9	24,1	23,6	21,1	-8,6	-6,6

Bijlage X

De bewerking van de trillingmetingen op element naar laagfrequent geluid

De bewerkingen zoals toegepast:

Situatie	Oppervlak	Sigma	Nagalm	Volume	Referentie
element	$10 \cdot \log S =$	$10 \cdot \log Q =$	$10 \cdot \log T =$	$10 \cdot \log V =$	totaal
vloer	7,0	0,0	1,8	-11,1	-22,4
bin-muur	7,2	-1,5	1,8	-11,1	-23,8
bui-muur	8,1	-1,5	1,8	-11,1	-22,8
pen-voor	4,1	-1,5	1,8	-11,1	-26,8
plafond	7,0	0,0	1,8	-11,1	-22,4
pen-achter	4,1	-1,5	1,8	-11,1	-26,8

De kleinste ruimte die in de woningen voorkomt is bepalend als meest kritische ruimte gezien de oppervlakte en de inhoudsverhouding. In onze berekeningen wordt uitgegaan van de kleinste geluidgevoelige ruimte, volgens het bouwbesluit is dat 5 m².

Om van de gemeten trillingen naar het afgestraalde geluidniveau in een ruimte te komen, worden de volgende bewerkingen gevolgd:

- Aan alle elementen die gemeten zijn, wordt een oppervlakte gekoppeld die overeen komt met oppervlakte in de nieuw situatie.
- Aan alle elementen die gemeten zijn, wordt een afstralgraad gekoppeld die overeenkomt met de afstralgraad in de oude en in de nieuwe situatie.
- Voor alle nagalmtijden in de nieuwe verblijfsruimte is uitgegaan van een realistische waarde van circa 1,5 sec (terwijl in andere BBS-normeringen veelal 0,5 sec wordt gehanteerd).
- Voor de volume van de nieuwe kleinste verblijfsruimte is uitgegaan van de (meest kritische) ruimte dat is $5 \text{ m}^2 \cdot 2,6 \text{ m}^1 = 13 \text{ m}^3$.
- Voor de overgang van de gemeten trillingsnelheden ref- $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ naar het geluidniveau ref- $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. wordt gecorrigeerd.

Bijlage XI

Uit de gemeten trillingen van de elementen bepaalde laagfrequent geluidniveau

					6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	totaal (A)
191A Mp 1	vloer				-32,4	-29,1	-26,7	-22,3	-20,5	-15,8	-2,9	4,0	-4,9	-5,3	-3,4	-6,5	-7,5	-6,2	-5,7	-33,3	-31,0	-29,0	
191A Mp 2	bin-muur				-33,6	-30,1	-25,0	-19,3	-20,4	-13,2	-10,1	-6,2	-4,4	-4,5	-6,1	-6,5	-6,9	-7,1	-37,2	-34,7	-32,4	-30,4	
191A Mp 3	Bui-muur				-43,6	-34,6	-30,6	-22,7	-24,9	-16,4	-10,4	-5,1	-1,1	1,3	10,4	3,7	9,3	14,6	13,6	10,0	7,3	12,9	
191A Mp 4	pen-voor				-32,9	-38,8	-30,9	-17,6	-8,3	-4,7	-3,4	1,4	-2,3	-0,7	1,0	4,2	6,4	9,2	6,1	5,9	6,5	7,7	
191A Mp 5	plafond				-41,0	-33,7	-26,9	-20,1	-15,9	-10,7	6,1	8,3	3,4	5,4	2,1	-1,5	-1,8	-0,1	2,5	3,5	5,6	6,3	
191A Mp 6	pen-achter				-42,0	-39,6	-37,0	-26,8	-21,8	-18,5	-17,9	-14,1	-7,0	1,6	-0,9	-4,0	3,6	12,3	5,3	-1,3	4,0	8,2	
	totaal 191A (A) terts				-27,7	-24,9	-20,3	-12,8	-6,9	-2,7	7,2	10,5	6,4	8,9	11,8	8,1	12,1	17,5	15,1	12,3	12,0	15,6	
	totaal 191A (A) octaaf					-18,5			-1,0			13,2			14,7			20,2			18,4		23,5
	totaal 191A (lin) octaaf					50,2			55,7			52,6			40,9			36,3			27,0		
					6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	totaal (A)
189B Mp 1	vloer				-41,0	-36,4	-27,2	-19,9	-16,8	-10,2	5,7	6,7	3,9	6,5	7,7	4,8	9,3	14,2	11,9	13,5	9,6	12,2	
189B Mp 2	bin-muur				-36,2	-34,1	-30,1	-21,9	-19,0	-15,8	-6,8	-8,0	-3,4	-1,1	-3,9	-5,4	-5,8	-5,4	-5,0	-34,7	-32,4	-30,4	
189B Mp 3	Bui-muur				-40,2	-37,5	-30,8	-18,5	-14,0	-11,3	0,5	6,5	17,1	4,5	8,1	7,0	0,8	4,8	3,4	5,1	5,9	2,8	
189B Mp 4	pen-voor				-40,8	-38,2	-32,5	-27,4	-19,6	-11,9	-6,0	-1,8	-1,5	3,2	6,3	8,1	2,2	1,0	1,2	-1,6	3,7	2,6	
189B Mp 5	plafond				-34,7	-31,1	-27,3	-22,8	-20,7	-12,5	3,8	-2,1	-3,7	-2,2	-4,4	-4,9	-4,6	-2,8	-4,1	-33,3	-31,0	-29,0	
189B Mp 6	pen-achter				-40,0	-37,2	-30,7	-25,0	-18,5	-13,0	-6,7	0,5	0,9	4,0	7,0	1,9	-0,4	0,5	0,5	-2,5	-1,9	-1,1	
	totaal 189B (A) terts				-30,3	-27,2	-21,5	-13,9	-9,7	-4,4	9,0	10,7	17,5	11,2	13,5	12,2	11,1	15,2	13,2	14,3	12,1	13,2	
	totaal 189B (A) octaaf					-20,1			-2,9			18,8			17,2			18,2			18,1		24,1
	totaal 189B (lin) octaaf					48,6			53,8			58,2			43,4			34,3			26,7		
					6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	totaal (A)
187C Mp 1	vloer				-31,7	-29,8	-27,6	-22,6	-20,6	-14,9	-2,7	-8,1	-8,9	-12,1	-9,9	-10,0	-3,2	-3,8	-35,8	-33,3	-31,0	-29,0	
187C Mp 2	bin-muur				-39,7	-38,6	-36,0	-31,5	-23,0	-14,6	-5,7	-1,1	2,4	6,5	-2,6	-4,5	3,5	12,2	5,7	3,0	1,7	2,0	
187C Mp 3	Bui-muur				-38,0	-37,4	-35,7	-32,0	-21,0	-14,0	-6,1	5,9	4,1	9,2	2,0	0,7	5,4	15,3	11,5	8,7	2,9	12,9	
187C Mp 4	pen-voor				-38,5	-38,9	-39,8	-30,6	-22,2	-10,6	-9,7	-5,3	-4,5	6,9	8,2	1,8	3,7	11,2	2,7	-1,5	1,9	3,5	
187C Mp 5	plafond				-32,0	-29,5	-26,6	-24,1	-19,9	-14,2	-5,9	-10,2	-9,0	1,6	-8,3	-9,5	-3,9	-3,5	-1,9	-33,3	-31,0	-29,0	
187C Mp 6	pen-achter				-37,7	-36,6	-35,5	-29,9	-23,1	-13,8	-11,0	0,0	0,3	3,0	-0,9	3,0	0,3	7,6	-0,2	-4,1	-35,4	-33,4	
	totaal 187C (A) terts				-27,2	-25,5	-23,2	-19,0	-13,7	-5,6	1,7	7,9	7,8	13,3	9,9	7,2	10,0	18,5	13,3	10,2	7,0	13,7	
	totaal 187C (A) octaaf					-20,2			-4,8			11,4			15,6			20,1			15,9		22,8
	totaal 187C (lin) octaaf					48,5			51,9			50,8			41,8			36,2			24,5		
					6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	totaal (A)
185D Mp 1	vloer				-41,4	-35,6	-28,3	-21,2	-18,8	-9,1	1,5	4,7	5,4	7,8	3,4	6,5	6,9	7,6	11,8	5,7	5,5	14,4	
185D Mp 2	bin-muur				-32,9	-31,6	-27,7	-22,4	-23,7	-17,4	-9,9	-12,5	-10,9	1,8	-1,8	-0,2	-1,7	-7,3	-2,2	-34,7	-32,4	-30,4	
185D Mp 3	Bui-muur				-36,1	-35,3	-31,6	-23,6	-24,9	-18,0	-1,9	11,1	8,4	7,1	7,8	-4,2	7,7	15,2	13,5	13,2	18,0	12,5	
185D Mp 4	pen-voor				-37,5	-36,6	-33,9	-28,1	-25,8	-16,1	-3,1	3,0	2,8	8,3	13,6	4,7	5,9	8,2	4,9	12,8	8,4	4,3	
185D Mp 5	plafond				-35,9	-31,6	-25,7	-18,5	-16,1	-3,6	7,2	4,7	4,1	6,4	-2,0	-3,3	1,7	-1,9	1,9	-0,6	-31,0	-29,0	
185D Mp 6	pen-achter				-36,6	-34,9	-33,0	-29,7	-26,9	-19,8	-15,6	-9,8	-9,1	0,6	-6,6	-6,4	-3,8	-2,6	-3,2	-5,7	-35,4	-33,4	
	totaal 185D (A) terts				-28,3	-26,0	-21,3	-14,7	-13,0	-2,0	9,0	13,2	11,8	14,0	15,1	9,7	12,4	16,7	16,3	16,5	18,7	16,8	
	totaal 185D (A) octaaf					-19,4			-1,5			16,4			18,3			20,3			22,2		25,9
	totaal 185D (lin) octaaf					49,3			55,2			55,8			44,5			36,4			30,8		
Boven grens GWR	Octaafband midden frequentie in Hz								16Hz			31,5Hz			63Hz			125Hz				totaal (A)	totaal (A)
	Boven grens GWR								80			68			55			45				35	35
	totaal 191A (lin) octaaf								56			53			41			36				24	23,5
	totaal 189B (lin) octaaf								54			58			43			34				24	24,1
	totaal 187C (lin) octaaf								52			51			42			36				23	22,8
	totaal 185D (lin) octaaf								55			56			44			36				26	25,9