

# PHS METEREN-BOXTEL

## OTB rapport - Trillingen deel 3 (MB21404-04)

15 DECEMBER 2017

VERSIE: 2.0

DEFINITIEF





# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>7</b>
1.1	Projectomschrijving	7
1.1.1	Studiegebied spoor	7
1.1.2	Plangebied	7
1.1.3	Deelgebied 1: Zuidwestboog Meteren	9
1.1.4	Deelgebied 2: Meteren - 's-Hertogenbosch	9
1.1.5	Deelgebied 3: 's-Hertogenbosch – Vught	10
1.1.6	Deelgebied 4: Vught – Boxtel	11
1.1.7	Studiegebied trillingen	11
1.1.8	Studiegebied laagfrequent geluid	13
1.2	Rapporten en plaats van dit rapport	14
1.3	Leeswijzer	15
<b>2</b>	<b>ONDERZOEKSMETHODIEK</b>	<b>16</b>
2.1	Algemene opzet	16
2.2	Clustering van afwegingspanden	16
2.3	Methodiek van maatregelen afweging	17
2.4	Beschrijving vervolgstappen per cluster	17
<b>3</b>	<b>ALGEMENE BEOORDELING MAATREGELEN</b>	<b>21</b>
3.1	Bronmaatregelen	21
3.2	Maatregel in de overdracht	22
3.3	Maatregel bij ontvanger	23
3.4	Investeringskosten van maatregelen	24
3.5	Eerste selectie van maatregelen	25
<b>4</b>	<b>AFWEGING ZUIDWESTBOOG</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>AFWEGING WAARDENBURG – 'S HERTOGENBOSCH</b>	<b>27</b>
5.1	Deelgebied Waardenburg – Hedel	27
5.1.1	Knelpunten analyse	27
5.1.2	Clustering van afwegingspanden	27

5.1.3	Doelmatigheidsafweging van maatregelen	27
5.1.4	Samenvattende maatregelafweging	28
<b>5.2</b>	<b>Deelgebied 's-Hertogenbosch</b>	<b>28</b>
5.2.1	Knelpunten analyse	28
5.2.2	Clustering van afwegingspanden	29
5.2.3	Selectie van effectieve maatregelen	30
5.2.4	Nadere afweging per cluster	30
5.2.4.1	Cluster Sint Lucasstraat	30
5.2.4.2	Cluster Sint Maartenstraat	34
5.2.4.3	Cluster Veemarktweg	36
5.2.4.4	Cluster Peellandstraat	36
5.2.4.5	Combinatie clusters oostzijde	39
5.2.4.6	Cluster Orthen	39
5.2.4.7	Cluster Parallelweg	41
5.2.4.8	Cluster Celsiusstraat	43
5.2.4.9	Combinatie clusters westzijde	46
<b>5.3</b>	<b>Samenvattende maatregelenafweging plansituatie</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT PLANSITUATIE</b>	<b>49</b>
6.1	Knelpunten analyse	49
6.2	Clustering van afwegingspanden	50
6.3	Selectie van effectieve maatregelen	52
6.4	Nadere afweging per cluster	52
6.4.1	Cluster Isabellastraat	52
6.4.2	Cluster Molenvenseweg Noord	56
6.4.3	Cluster Molenvenseweg Zuid	59
6.4.4	Cluster Pieter Bruegellaan	61
6.4.5	Cluster Rembrandterf	64
6.4.6	Cluster Rembrandtlaan	66
6.4.7	Cluster Helvoirtseweg	69
6.4.8	Cluster Smidshof	69
6.4.9	Cluster Stationsstraat	70
6.4.10	Cluster Spoorlaan Noord	73
6.4.11	Cluster Spoorlaan Zuid	73
6.4.12	Cluster de Schakel	75
6.4.13	Combinatie clusters oostzijde	75
6.4.14	Cluster Aart Heymlaan	75
6.4.15	Cluster Van Miertstraat	77
6.4.16	Combinatie clusters westzijde	79
6.4.17	Combinatie clusters oost- en westzijde	79



6.5	Samenvattende maatregelenafweging plansituatie	79
6.6	Invloed op overige omgevingsfactoren	80
6.6.1	Laagfrequent geluid	80
6.6.2	Geluid	81
<b>7</b>	<b>RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT TIJDELIJKE SITUATIE</b>	<b>82</b>
7.1	Knelpunten analyse	82
7.2	Clustering van afwegingspanden	83
7.3	Selectie van effectieve maatregelen	85
7.4	Doelmatigheidsafweging	86
7.4.1	Cluster Verlengde Kampdijklaan	86
7.4.2	Cluster Margrietlaan	87
7.4.3	Cluster Aart Heymlaan Noord	87
7.4.4	Cluster Nieuwe Heikantstraat	88
7.4.5	Cluster Aert Heymlaan Zuid	89
7.4.6	Cluster Helvoirtseweg	89
7.4.7	Cluster Versterplein	90
7.4.8	Cluster Van Miertstraat	90
7.4.9	Cluster Esschestraat	91
7.4.10	Cluster Bestevaer	91
7.4.11	Cluster Ouwkerklaan	92
7.4.12	Cluster Industrierweg	92
7.5	Samenvattende maatregelenafweging	93
<b>8</b>	<b>RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT - BOXTEL</b>	<b>95</b>
8.1	Knelpunten analyse	95
8.2	Clustering van afwegingspanden	95
8.3	Selectie van effectieve maatregelen	97
8.4	Doelmatigheidsafweging	97
8.4.1	Cluster Van Salmstraat	97
8.4.2	Cluster Brugstraat	98
8.4.3	Cluster Spoorstraat	99
8.5	Samenvattende maatregelenafweging	99
<b>9</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>100</b>
	<b>BIJLAGE B: KOSTENANALYSE VAN MAATREGELEN</b>	<b>113</b>
	<b>BIJLAGE C: MAATREGELEN AFWEGING WAARDENBURG -‘S- HERTOGENBOSCH</b>	<b>127</b>

<b>BIJLAGE D: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT PLANFASE</b>	<b>144</b>
<b>BIJLAGE E: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT UITVOERINGSFASE</b>	<b>169</b>
<b>BIJLAGE F: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT-BOXTEL</b>	<b>192</b>
<b>BIJLAGE G: OVERZICHT MAATREGELENAFWEGING</b>	<b>198</b>
<b>BIJLAGE H: OVERZICHT HET INVLOED VAN MAATREGELENSSETS OP VMAX EN VPER</b>	<b>202</b>

# 1 INLEIDING

## 1.1 Projectomschrijving

Voorliggend document beschrijft de resultaten van het deelonderzoek Trillingen ten behoeve van het Ontwerptracébesluit (hierna: OTB) Programma Hoogfrequent Spoorvervoer Meteren – Boxtel. Het project PHS Meteren - Boxtel is onderdeel van het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS). Doel van PHS is om op de drukste trajecten van het landelijk spoornetwerk te komen tot hoogfrequent spoorvervoer en een toekomstvaste routing van het goederenvervoer met zo intensief mogelijk gebruik van de Betuweroute. Uitgangspunt van PHS is dat op de drukste trajecten reizigers uiterlijk in 2028 elke 10 minuten moeten kunnen opstappen op een intercity of een sprinter.

In het project PHS Meteren – Boxtel wordt daartoe een 4e spoor tussen 's-Hertogenbosch en Vught aansluiting inclusief een vrije kruising ter plaatse van Vught aansluiting gerealiseerd. Tevens wordt een verbindingsboog tussen de Betuweroute en de spoorlijn Utrecht – 's-Hertogenbosch bij Meteren gerealiseerd. De verbindingsboog veroorzaakt een toename van het aantal goederentreinen tussen Meteren en Boxtel.

Als gevolg van de fysieke ingreep in Vught, waarbij onder meer huidige belemmeringen op doorgaande sporen worden weggenomen, zal er een lokale verhoging van de rijksnelheid optreden. De toename van het aantal reizigerstreinen is geen gevolg van het project PHS Meteren-Boxtel omdat deze voorafgaand aan het project al is opgetreden in de aanloop naar PHS. Deze toename is wel opgenomen in de trillingenanalyse.

### 1.1.1 Studiegebied spoor

Het studiegebied omvat het gebied waar de effecten onderzocht worden als gevolg van de uitbreidingen van de spoorweginfra. Concreet zijn dit de effecten op de Betuweroute nabij Meteren en de effecten op het spoorwegtracé tussen Meteren en Boxtel. In Boxtel wordt het studiegebied bepaald door het gewijzigde spoorgebruik van de goederentreinen.

Het studiegebied omvat de volgende tracéaanduiding:

- Betuweroute: tussen km 44.0 en 47.0
- Spoor Utrecht – Eindhoven: tussen km 28.5 en km 43.5

Het studiegebied is opgedeeld in vier deelgebieden, te weten:

1. Zuidwestboog Meteren (aansluiting Betuweroute tot circa km 32.000, eerste plangebied);
2. Meteren - 's-Hertogenbosch (van circa km 32.000 t/m km 48.500);
3. 's-Hertogenbosch - Vught (van circa km 48.500 t/m km 55.000, tweede plangebied)
4. Vught – Boxtel (van circa km 55.000 t/m km 43.500 (spoor Boxtel-Eindhoven)).

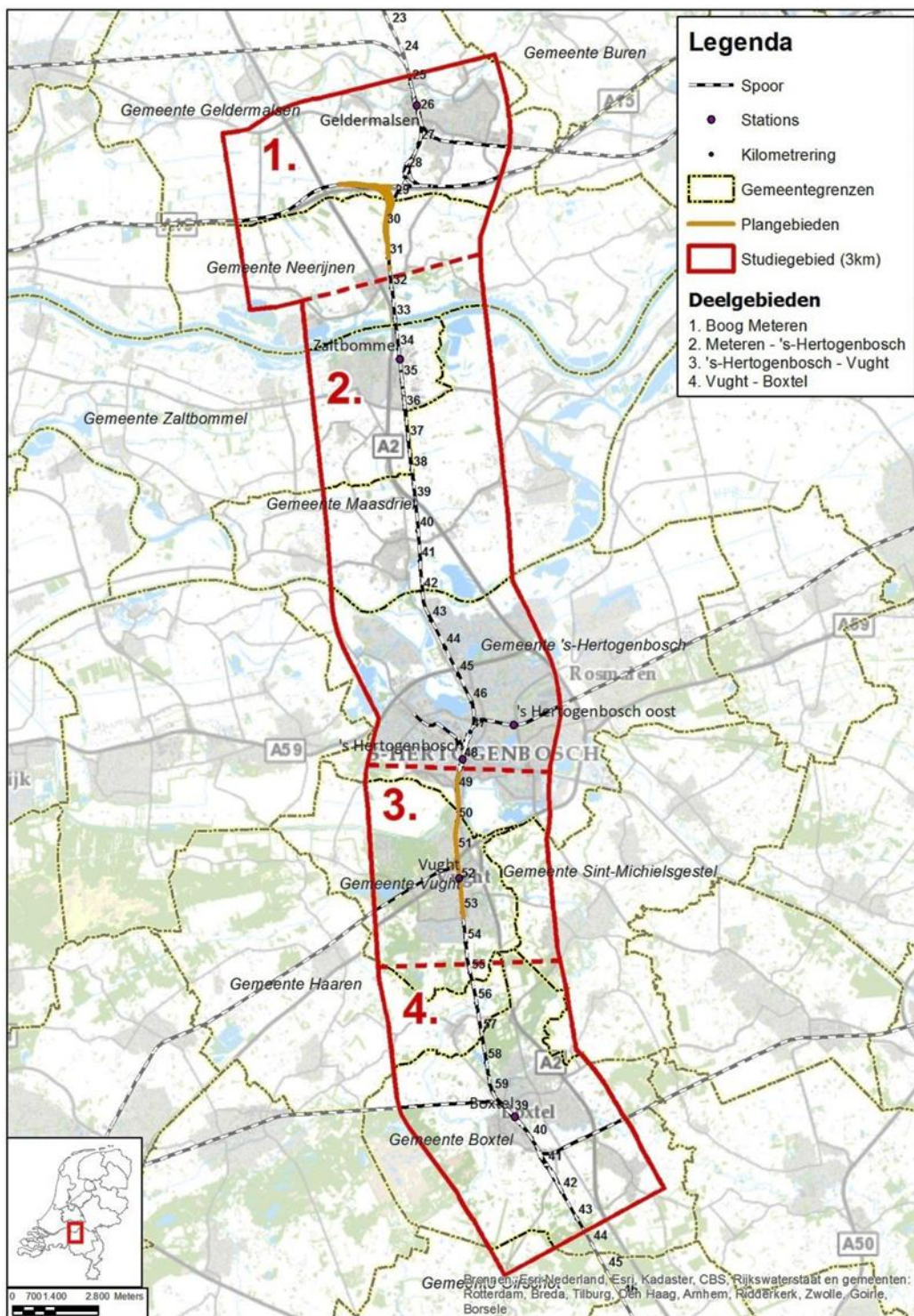
Deze deelgebieden zijn weergegeven in Figuur 1 (rood omlijnd met onderbroken strepen als begrenzen van de onderlinge deelgebieden).

### 1.1.2 Plangebied

De plangebieden voor het project PHS Meteren - Boxtel betreffen de twee locaties waar een fysieke ingreep in de spoorweginfrastructuur wordt uitgevoerd, namelijk:

- a. de zuidwestboog bij Meteren; en
- b. de viersporigheid tussen 's-Hertogenbosch en Vught aansluiting, en de vrije kruising bij Vught, inclusief een verdiepte ligging van het spoor door Vught.

De omvang van de plangebieden wordt bepaald door de ruimte die nodig is om de verbindingsboog bij Meteren, de uitbreiding van het spoor tussen 's-Hertogenbosch en Vught en de verdiepte ligging in Vught te realiseren. De plangebieden zijn ook weergegeven in navolgende figuur met een oranje lijn.



Figuur 1 Studiegebied Meters - Boxtel: Plangebieden en deelgebieden

De omvang van de plangebieden wordt bepaald door de ruimte die nodig is om de verbindingsoog bij Meters, de uitbreiding van het spoor tussen 's-Hertogenbosch en Vught en de verdiepte ligging in Vught te realiseren. De plangebieden zijn in Figuur 4 globaal met een rode lijn weergegeven.

In de gebieden is gewerkt in de volgende drie stappen:

- 1) Inventarisatie afstand van de bebouwing tot aan het bestaande spoor.
- 2) Alle gebieden met bebouwing binnen 100 m uit het spoor zijn opgenomen in het trillingen model en beoordeeld conform Bts.
- 3) In de gebieden waar blijkt dat er tussen de 100 m tot 150 m uit het spoor een overschrijding van de Bts kan optreden is aanvullend een losse toetsing uitgevoerd.





### 1.1.5 Deelgebied 3: 's-Hertogenbosch – Vught

Voor deelgebied 3 is door de staatssecretaris van IenM op 17 juni 2014 besloten om de variant V3 nader uit te werken in een MER en een OTB. Het voornemen bevat de volgende onderdelen:

1. Van drie naar vier sporen tussen 's-Hertogenbosch en aansluiting Vught en het realiseren van een ongelijkvloerse kruising op de aansluiting Vught, zodat treinen niet langer op elkaar hoeven te wachten;
2. Met het oog op een vermindering van de omgevingseffecten wordt sporen van en naar Eindhoven tussen de N65 en de Molenstraat verdiept aangelegd.

De verdiepte ligging heeft een lengte van circa 1.610 meter<sup>1</sup>. Het verdiept gelegen spoor ligt 2 tot 5 meter oostelijker van de huidige spoorbaan. Het verdiept liggende spoor wordt zodanig ontworpen dat het profiel van de wegen op maaiveld blijft, zoals in de huidige situatie ook het geval is. De bovenkant van de verdiepte ligging is hierdoor gelijk aan de huidige hoogte van het spoor. Voor de bouw van de verdiepte ligging worden over een lengte van 3,3 km tijdelijke sporen aangelegd aan de westzijde van de huidige spoorbaan. Figuur 3 is dit gevisualiseerd.

De overweg Loonsebaan wordt vervangen door een onderdoorgang voor langzaam verkeer (fietsers, voetgangers). De overweg Wolfskamerweg/Laagstraat wordt een onderdoorgang voor autoverkeer. De overige kruisingen met het spoor blijven gehandhaafd, maar veranderen van overwegen naar ongelijkvloerse kruisingen (dek over de verdiepte ligging).

In Vught-Noord neemt het totale ruimtebeslag van het spoor toe. Dit komt door de aanleg van een vierde spoor ten oosten van de bestaande sporenbundel en een vrije spoorkruising. Ten noorden van de N65 is de verbreding van de sporenbundel het grootst en bedraagt circa 14 meter. Over de lengte van de verdiepte ligging blijft het spoor op vrijwel dezelfde locatie als het bestaande spoor, met een verschuiving van 3 meter in oostelijke richting.

#### **N65**

In de huidige situatie kruist de N65 door middel van een onderdoorgang het op maaiveld liggende spoor. Binnen PHS Meteren-Boxtel worden de sporen 's-Hertogenbosch – Eindhoven verdiept aangelegd in Vught en de N65 juist op maaiveld: de ongelijkvloerse kruising wordt 'omgekeerd'. Omdat deze omkering een direct gevolg is van PHS Meteren-Boxtel, behoren de wijzigingen aan de N65 ook tot de scope van PHS Meteren-Boxtel. Het plangebied voor de N65 loopt grofweg vanaf de kruising met de Randweg (km 3.0) nabij tot de kruising van de N65 met de Helvoirtseweg en J.F. Kennedylaan (km 4.18).

---

<sup>1</sup> Dit is de lengte van het diepliggende deel van de verdiepte ligging tussen de kruising met het spoor vanuit Tilburg en de kruising met de Molenstraat (dus exclusief toeritten).



Figuur 3 Verdiepte ligging in Vught

### 1.1.6 Deelgebied 4: Vught – Boxtel

Op het traject binnen deelgebied 4 tussen Vught en Boxtel (van circa km 55.000 t/m km 43.500 (spoor Boxtel - Eindhoven) worden geen fysieke wijzigingen aan de sporen doorgevoerd. Wel zal er als gevolg van voorliggend project op dit trajectdeel een intensiteitstoename van het goederenverkeer plaatsvinden en een verandering in het sporengebruik tussen aansluiting in Boxtel richting Tilburg/'s-Hertogenbosch en de vrije kruising Liempde.

### 1.1.7 Studiegebied trillingen

Het te beoordelen traject in de verschillende milieuonderzoeken omvat maximaal het studiegebied rond het spoortracé zoals aangegeven in Figuur 4 en is onderverdeeld in vier deelgebieden:

1. Zuidwestboog Meteren
2. Waardenburg – 's-Hertogenbosch
3. Vught
4. Haaren-Boxtel.

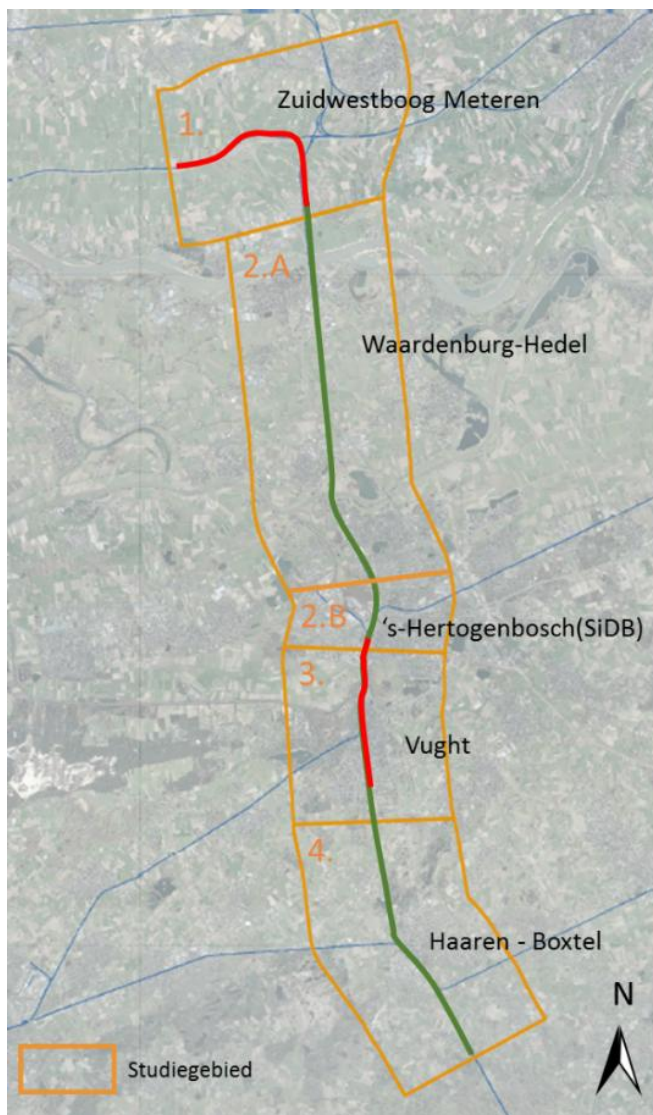
De omvang van het studiegebied is afhankelijk van de te verwachten effecten en kan derhalve per milieuaspect verschillen. Het studiegebied voor trillingen betreft het gebied waar ten gevolge van het project PHS Meteren-Boxtel wijzigingen plaatsvinden die de trillingssituatie beïnvloeden. Het gaat hierbij om de fysieke wijzigingen uit het plangebied en de hierdoor veranderende treinaantallen in de omliggende gebieden. Het studiegebied betreft daarmee grofweg het gehele spoor tussen Meteren en Boxtel. Hierbij zijn alle panden die zich in een zone van 100 meter rond het spoor bevinden beoordeeld. Deze afstand is gehanteerd op basis van de ervaringen bij vergelijkbare projecten. Op grotere afstanden van het spoor wordt de streefwaarde met zekerheid niet overschreden. Gedurende het onderzoek wordt getoetst of de aangenomen studiezone voldoende breed is aangenomen. Zo nodig wordt de zone lopende het onderzoek uitgebreid.

Het studiegebied is opgedeeld in deelgebieden zoals weergegeven in Tabel 3 en Figuur 4. Specifiek voor trillingen is deelgebied 2 opgesplitst in twee subgebieden: Waardenburg - Hedel (2A) en 's-Hertogenbosch (2B). Dit omdat in 's-Hertogenbosch in de periode 2013-2015 een project is uitgevoerd (Tracébesluit Sporen in 's-Hertogenbosch, kortweg TB SiDB) waardoor hier - conform de methodiek van de Bts - een afwijkende referentiesituatie is gehanteerd, namelijk de situatie voorafgaand aan de realisatie van het project TB SiDB. Voor alle andere deelgebieden is de huidige situatie als referentie gehanteerd.

Tabel 1 Indeling en gehanteerde afbakening per deelgebied

Deelgebied	Trajectdeel	Afbakening deelgebied [km van- km tot]
1	Zuidwestboog Meteren	29,0 – 32,0
2A	Waardenburg - Hedel	32,0 – 45,5
2B	's-Hertogenbosch (SiDB)	45,5 – 48,9
3	Vught	48,9 – 55,0
4	Haaren – Boxtel	55,0 – 43,5





Figuur 4 Studiegebied Meteren – Boxtel: plangebied (rode lijn) en deelgebieden studiegebied

### Studiegebied trillingen tijdelijke situatie

Het studiegebied voor trillingen voor de tijdelijke situatie betreft het gebied waar als gevolg van de bouw van de bakconstructie/verdiepte ligging in Vught een tijdelijk spoor wordt aangelegd. Volgens het ontwerp wordt het spoor in een verdiepte bakconstructie aangelegd van kilometer 50,77 tot 52,97 (circa 2,2 km lengte). De tijdelijke sporen worden aangelegd ten westen van het huidige spoor in Vught tussen km 50.0 en km 53.3. Naar verwachting is het tijdelijk spoor ongeveer 3 tot 3,5 jaar in gebruik, tussen 2020 en 2025. Voor de wijziging/aanleg van de nieuwe sporen in Meteren is het niet nodig tijdelijke sporen aan te leggen. Als studiegebied voor de tijdelijke situatie wordt het gebied gehanteerd ter plaatse van het tijdelijke spoor in Vught met een zone van 100 meter aan weerszijden van het tijdelijke spoortracé.

### 1.1.8 Studiegebied laagfrequent geluid

Het studiegebied voor laagfrequent geluid is alleen toegepast op het deelgebied waar het spoor beneden maaiveldniveau in een bakconstructie wordt aangelegd (in deelgebied 3 – Vught). Bij het verdiept aanleggen van het spoor in een betonnen bakconstructie, is de kans aanwezig dat er laag frequent geluid ontstaat en tot overlast kan gaan leiden bij dicht bij het spoor aanwezige (woon)bebouwing. Het spoor wordt in een verdiepte bakconstructie aangelegd van kilometer 50,77 tot 52,97 (circa 2,2 km lengte). Voor de overige deelgebieden is de spoorligging op maaiveld en is laagfrequent geluid niet relevant aanwezig. Over de hele lengte (ca. 2,2 km) van de verdiepte ligging/bakconstructie van het spoor wordt een strook van circa 60 m aan weerszijden van het spoor beschouwd waarbinnen zich mogelijk laagfrequent geluid-problemen voor kunnen doen.

Op basis van een studie aan een vergelijkbare situatie aan de Combitunnel in Nijverdal is de afstand van 60 m gehanteerd. Binnen het gedefinieerde gebied zijn circa 400 panden aanwezig. Een overzicht van het studiegebied en van de aanwezige panden in dit gebied is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 panden aanwezig binnen de voor laagfrequent geluid gevoelige zone (langs de verdiepte ligging Vught)

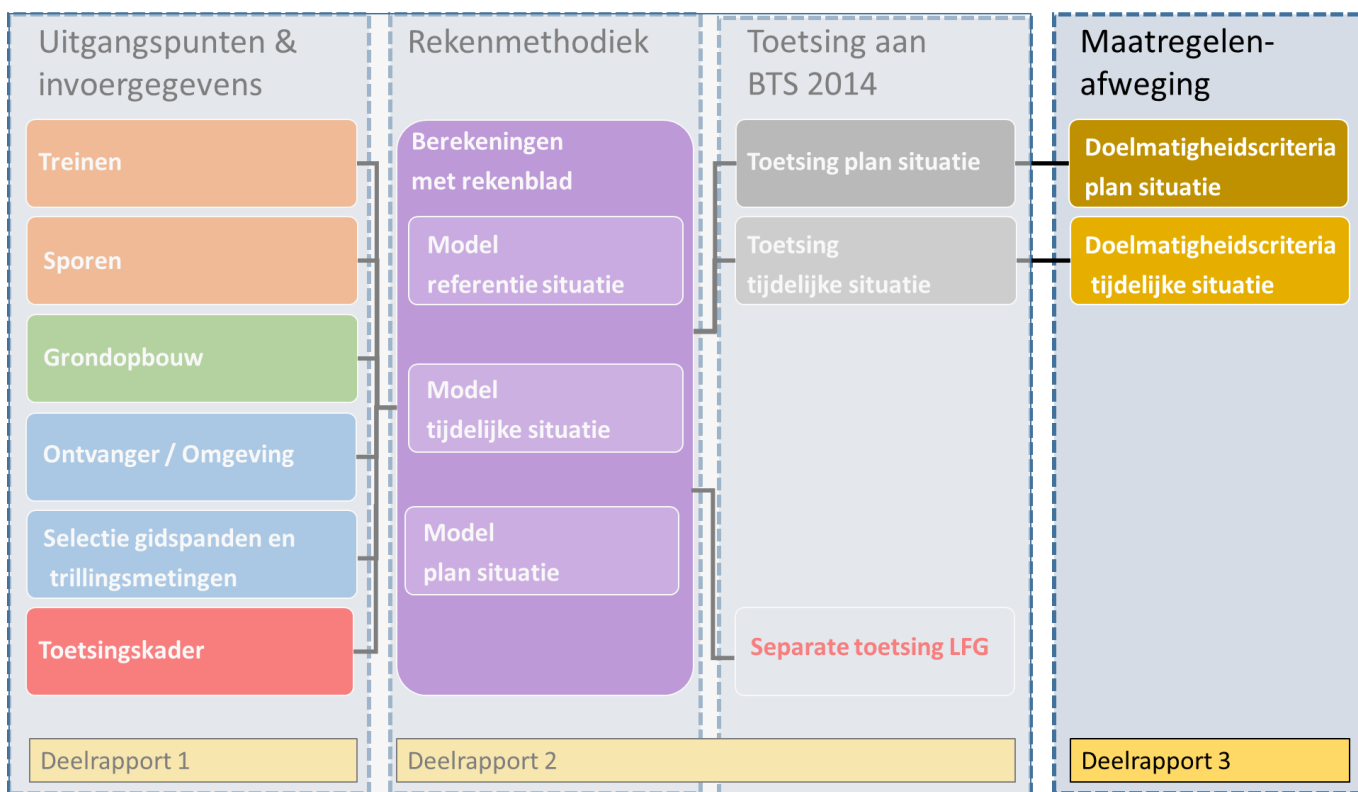
## 1.2 Rapporten en plaats van dit rapport

Onderdeel van het Ontwerptracébesluit en het MER is een aantal zelfstandig leesbare onderzoeksrapporten voor verschillende milieuaspecten, die als losse achtergrondrapporten beschikbaar zijn. Het voorliggende rapport betreft één van de drie onderzoeksrapporten die voor het aspect Trillingen ten behoeve van het Ontwerptracébesluit (OTB) en het MER zijn opgesteld. In deze drie onderzoeksrapporten samen, zijn voor het milieuaspect trillingen de effecten van de aanpassing van de spoorinfrastructuur en het veranderde spoorgebruik beschreven. Voor de locaties waar een overschrijding is van de grenswaarden van  $V_{max}$  en  $V_{per}$  uit de Bts, is onderzocht in hoeverre trillingsmaatregelen toegepast kunnen worden en zijn de maatregelen afgewogen op doelmatigheid.

Met name vanwege de leesbaarheid van het achtergrondrapport trillingen, is het rapport opgesplitst in een drietal deelrapporten, te weten:

- Deelrapport 1: Rapportage met uitgangspunten inclusief metingen;
- Deelrapport 2: Rapportage modellering referentie-/plansituatie (rekenmethodiek) en toetsing;
- Deelrapport 3: Maatregelenafweging.

In navolgend schema is per deelrapport de scope en inhoud van elk deelrapport aangegeven en is de samenhang tussen de drie rapporten weergegeven.



Figuur 6 Schematisch overzicht van de inhoud van de drie deelrapporten trillingen

In rapport deel 1 zijn de basisgegevens van het trillingsonderzoek beschreven zoals de gehanteerde uitgangspunten voor de trillingsberekeningen en de uitgangspunten ten aanzien van de uitgevoerde trillingsmetingen. Tevens is in dit rapport het juridisch kader weergegeven. In deelrapport 2 is de wijze van modellering voor de referentie- en plansituatie weergegeven, en zijn de berekeningsresultaten getoetst aan de normen uit de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts). In het voorliggende deelrapport 3 wordt nader ingegaan op de afweging van doelmatige trillingsmaatregelen.

### 1.3 Leeswijzer

In het voorliggende rapport is de maatregelenafweging beschreven die conform Bts is uitgewerkt, op basis van de prognoses vastgelegd in deelrapport 2.

In hoofdstuk 2 wordt de gehanteerde onderzoek en analyse techniek beschreven, en wordt de aanpak van maatregelenafweging per cluster toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de in de beschouwing betrokken trillingsmitigerende maatregelen beschreven en wordt op basis van algemene kenmerken een eerste selectie van potentieel toepasbare maatregelen voor het gehele onderzoeksgebied gemaakt. In de hoofdstukken 4,5,6 en 8 wordt de maatregelafweging voor de plansituatie uitgewerkt voor de deeltrajecten Meteren-Hedel, 's-Hertogenbosch, Vught en Vught-Boxtel. Daarbij wordt in hoofdstuk 6 tevens ingegaan op de invloed van de afgewogen maatregelen in relatie met de laag frequent geluid problematiek. In hoofdstuk 7 is hetzelfde uitgewerkt voor de tijdelijke situatie in Vught.



## 2 ONDERZOEKSMETHODIEK

### 2.1 Algemene opzet

In de Bts zijn verschillende waarden opgenomen waarmee de gevolgen van trillingen kunnen worden bepaald ( $V_{max}$  en  $V_{per}$ ). Daarbij geeft  $V_{max}$  de maximale trillingssterkte in een ruimte van een woning of bedrijfspand weer.  $V_{per}$  geeft de gemiddelde trillingssterkte aan over een bepaalde periode. Voor  $V_{max}$  en  $V_{per}$  zijn in de Bts-grenswaarden opgenomen. Wanneer deze grenswaarden als gevolg van het project worden overschreden, moet voor de panden waar sprake is van overschrijding van grenswaarden (zogenaamde afwegingspanden) afgewogen worden of maatregelen getroffen kunnen worden om trillingen zodanig te verminderen dat voldaan wordt aan de grenswaarden uit de Bts. Bij deze afweging worden globaal de volgende stappen doorlopen:

- Om te bepalen welke maatregelen kansrijk zijn, wordt in eerste instantie een algemeen keuzeprocess uitgevoerd van alle mogelijke maatregelen uit de ontwikkelende maatregelencatalogus (ref [3]). Maatregelen die niet effectief zijn of waarvoor geen informatie beschikbaar is over de effectiviteit van de maatregel, vallen af.
- De afwegingspanden worden op basis van een aantal criteria verdeeld in clusters.
- Per afwegingspand in het cluster wordt voor de trillingsniveaus ( $V_{max}$  of  $V_{per}$ ) bepaald wat de benodigde afname in trillingen moet zijn om aan de grenswaarden uit de Bts te voldoen.
- Vervolgens worden per cluster kansrijke maatregelen beschouwd en afgewogen.
- De kansrijke maatregelen die overblijven na de voorgaande analyse, worden per cluster afgewogen. Deze afweging vindt plaats in drie stappen:
  1. De maatregelen worden globaal afgewogen op basis van de criteria effectiviteit en kosten, op basis waarvan een nadere verfijning van de benaming van maatregelen als “kansrijk” of “kansarm” worden verkregen. Eventueel worden de maatregelen daarbij ook mee beoordeeld op de aspecten inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, robuustheid en onderhoudbaarheid. Op basis van deze afweging blijven een aantal voorkeursmaatregelen over.
  2. De voorkeursmaatregelen worden nader verkend door de effectiviteit van de maatregelen te bepalen voor de locatiespecifieke omstandigheden met gebruikmaking van modelberekeningen.
  3. Afweging van de voorkeursmaatregelen (of een combinatie van maatregelen) met behulp van een Multicriteria analyse. Daarbij wordt ook bepaald of het toepassen van de maatregelen doelmatig is vanuit kostenooptpunt (wegen de kosten van de maatregel op tegen de opbrengsten). Indien volledige mitigatie niet kostendoelmatig is wordt bovendien afgewogen of maatregelen waarbij de toename van  $V_{max}$  tot 30% wordt beperkt kostendoelmatig zijn. Resultaat is een samenvattende tabel waarin de informatie is opgenomen waarmee een besluit genomen kan worden over de toe te passen maatregelen in het betreffende cluster. Voor aansluitende clusters wordt bovendien nog afgewogen of bij het combineren van clusters een grotere kostendoelmatigheid van maatregelen mogelijk is, dan wel of hiermee nog een grotere effectiviteit is te bereiken.

### 2.2 Clustering van afwegingspanden

In het projectgebied zijn in totaal 755 afwegingspanden vastgesteld (ref [1]). Voor een afwegingspand geldt dat conform Bts een afweging van maatregelen dient plaats te vinden, waarbij in geval van toepassing van de maatregelen de trillingsniveaus  $V_{max}$  of  $V_{per}$  zodanig worden gereduceerd dat hiermee wordt voldaan aan de grenswaarden zoals geformuleerd in Bts.

Het projectgebied is verdeeld in een viertal deelgebieden die elk zijn opgesplitst in verschillende clusters. Per cluster is een afzonderlijke nadere analyse uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. Een cluster is een groep van woningen die profijt heeft van een gezamenlijke voorziening/maatregel. Bij de indeling in clusters zijn de volgende criteria gehanteerd:

- Een cluster bestaat uit afwegingspanden die ofwel aan de oost- of de westzijde van het spoor liggen.
- De te beschouwen reductie van trillingsniveaus in de afwegingspanden in de eerstelijnsbebouwing binnen het cluster is vergelijkbaar.
- Achterliggende afwegingspanden, dat wil zeggen panden achter de eerstelijns bebouwing zijn toegevoegd aan het cluster, voor zover deze in hetzelfde invloedsgebied liggen van het spoor.
- De clusters zijn zo klein mogelijk gekozen om in een latere fase maatregelen te kunnen combineren. Op deze wijze wordt voorkomen dat woningen ten onrechte niet in aanmerking komen van maatregelen.

Voor een solitair individueel afwegingspand worden, overeenkomstig een cluster, ook maatregelen afgewogen.

## 2.3 Methodiek van maatregelen afweging

In het kader van de maatregelenafweging worden de volgende aspecten beschouwd:

- Effectiviteit (geschiktheid in het frequentiedomein en de maximale reductie als gevolg van de maatregelen).
- Kosten (indicatieve kostenvergelijking van de maatregelen gepresenteerd in de maatregelencatalogus (ref [3]) met een nadere kostenvergelijking voor de kansrijke maatregelen). De kosten worden beschouwd inclusief 19,75% PEAT en BTW.
- Inpasbaarheid (dit omschrijft de mogelijkheid van de ruimtelijke inpassing met inachtneming van andere functies en waarden in de omgeving).
- Uitvoerbaarheid (de geschiktheid van de maatregel/uitvoeringstechniek om in de gegeven situatie uit te voeren zonder schade en/of hinder).
- Duurzaamheid/onderhoudbaarheid (de mogelijkheid c.q. het risico dat de maatregel gedurende lange periode, in de orde van minimaal 25 jaar, in stand gehouden kan worden dan wel door andere activiteiten, bijvoorbeeld graafwerkzaamheden, zodanig beschadigd kan worden dat hierdoor de functionaliteit aanzienlijk wordt aangetast).
- Robuustheid van de maatregel, waaronder wordt begrepen de opgebouwde ervaring met het toepassen van deze maatregel, hetzij gebaseerd op toepassing in Nederland onder vergelijkbare omstandigheden, ofwel in het buitenland onder vergelijkbare omstandigheden. Voor maatregelen in het spoor geldt dat een aantal maatregelen nog een vrijgave traject bij ProRail moeten doorlopen. Met de toepassing van deze maatregelen wordt terughoudend omgegaan. Daarom scoren deze maatregelen op het aspect "robuustheid" laag.

Een eerste algemene beoordeling van maatregelen is gebaseerd op de beschrijving van maatregelen in de maatregelencatalogus (ref [3]). Dit resulteert in een keuze van een beperkt aantal maatregelen (voorkeursmaatregelen) die op basis van een algemene afweging op bovengenoemde criteria als toepasbaar worden beschouwd, zonder dat de locatie specifieke omstandigheden zijn meegewogen (zie paragraaf 2.4).

De vervolgstappen in de afweging van maatregelen hebben betrekking op het niveau van de clusters, waarbij de volgende stappen worden doorlopen:

1. Een eerste kwalitatieve verkenning van de toepasbaarheid op basis van de locatiespecifieke omstandigheden, eisen en randvoorwaarden. Hieruit worden de voorkeursmaatregelen afgeleid die nader worden onderzocht. Deze afweging vindt op clusterniveau plaats.
2. Een nadere verkenning van de effectiviteit van de voorkeursmaatregelen aan de hand van een modelmatige effectprognose. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zowel de resultaten van model analyses (in dit geval volgens een Eindige Elementen Methode PLAXIS2D modellering) als van Nederlandse en internationale literatuur.
3. Een Multi-criteria analyse van de voorkeursmaatregelen of eventueel maatregelcombinaties, inclusief een kosten vergelijking voor de voorgestelde maatregelen in relatie met het doelmatigheidsbeginsel<sup>2</sup>.

## 2.4 Beschrijving vervolgstappen per cluster

In de verdere uitwerking worden per cluster de mogelijk geschikte maatregelen, zoals beschreven in de voorgaande paragraaf, in 3 achtereenvolgende stappen geanalyseerd:

### **Stap 1: Globale afweging van mogelijke maatregelen**

In deze stap wordt een eerste analyse voor elk afzonderlijk cluster uitgevoerd.

Bij deze beoordeling worden de beoordelingsaspecten "effectiviteit van de maatregel" en "investeringskosten van de maatregel" als primaire kwalitatieve filters gehanteerd.

<sup>2</sup> De doelmatigheid van de maatregel is uitgedrukt met een coëfficiënt voor kostendoelmatigheid waarin de gekapitaliseerde opbrengsten vanuit de mitigatie worden gedeeld door de investeringskosten van de maatregel(en) set. Als de coëfficiënt groter dan 1 wordt, dan is de maatregel(en) set doelmatig.

Zonodig, indien dit onderscheidend is voor de keuze, worden ook de volgende beoordelingsaspecten meegenomen:

- Uitvoerbaarheid van de maatregel.
- De ruimtelijke inpasbaarheid van de maatregel.
- Duurzaamheid/beheerbaarheid.
- Robuustheid van de maatregel

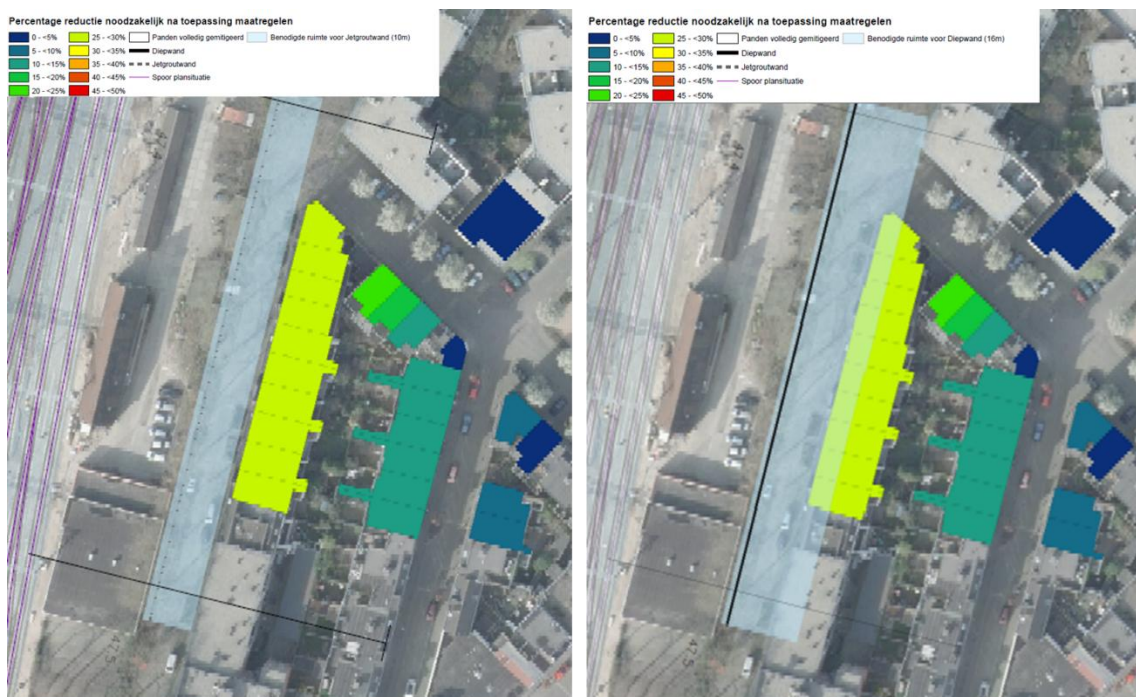
Voor de beoordeling op uitvoerbaarheid van maatregelen buiten de spoorzone is de beschikbare werkruimte relevant, die noodzakelijk is voor het installeren van de maatregel. Dit betreft in hoofdstuk 3 nadere te beschrijven “maatregelen in medium”, zoals “OTC betonwand”.

Hiervoor worden de volgende benodigde werkstrookbreedtes aangehouden:

- OTC betonwand, type diepwand: werkstrookbreedte 16 m
- OTC betonwand, type jetgrout of andere in situ techniek 10 m

Voor andere OTC-oplossingen in stedelijk gebied, zoals de MIP-wand (zie paragraaf 3.2), zal naar verwachting de benodigde werkstrookbreedte ten minste gelijk zijn aan die van de diepwand, tenzij er gebruik kan worden gemaakt van stalen damwanden als wandelement en deze drukkend op diepte kunnen worden gebracht. In dat geval zal de benodigde breedte naar verwachting gelijkwaardig zijn aan die voor jetgroutwanden.

In onderstaande Figuur 7 is ter illustratie de beschouwde werkstrookbreedte in kaart gebracht voor een locatie in 's-Hertogenbosch.



Figuur 7 Toelichting werkstrookbreedte OTC (voorbeeld St Lucassstraat- 's Hertogenbosch): links werkstrookbreedte jet-grout wand (10m), rechts werkstrookbreedte diepwand (16 m)

### Stap 2: Nadere verkenning van meest geschikte maatregelen

In deze stap wordt de effectiviteit van de in stap 1 aangemerkte meest geschikte maatregelen verder geanalyseerd. Hierbij wordt op basis van een praktische invulling van de maatregel (in termen van plaats en afmetingen) op clusterniveau een beoordeling van het effect op de trillingsniveaus ter plaatse van de afwegingspanden bepaald.

Dit wordt uitgedrukt in:

- De gerealiseerde reductie van trillingsniveaus voor het maatgevende afwegingspand (dat is het pand met de hoogste benodigde reductie binnen een cluster) tot het benodigde maximale reductieniveau.
- Het aantal panden waarvoor met de maatregel voldoende mitigatie kan worden gerealiseerd.

**Stap 3: Multicriteria-analyse van de na stap 2 geselecteerde maatregelen of daaruit afgeleide maatregel-combinaties, inclusief afweging doelmatigheid.**

Op basis van de analyse van de effectiviteit van afzonderlijke maatregelen in stap 2 worden in deze stap een aantal afzonderlijke maatregelen en maatregel-combinaties beschouwd.

Voor de geselecteerde maatregel(en) sets wordt een Multicriteria-analyse uitgevoerd op de aspecten effectiviteit, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, onderhoudbaarheid, robuustheid, en kosten

In deze Multicriteria-analyse een aantal aspecten nader gekwantificeerd:

- De effectiviteit van de maatregel wordt uitgedrukt in de gerealiseerde maximale trillingsreductie en het aantal panden waarvoor volledige mitigatie wordt gerealiseerd.
- De kosten worden gekwantificeerd op basis van een aantal basiskentallen, waarvan de onderbouwing is opgenomen inref [4](de invloed op de afwegingspanden na toepassing van de maatregelen).
- De kosten doelmatigheid wordt uitgedrukt in de verhoudingsfactor tussen de opbrengsten voor het aantal gemitigeerde panden en de bouwkosten van de maatregelen.

Op basis van een relatieve schaal worden de kansrijke maatregelen voor de overige beschouwde aspecten als volgt gewaardeerd:

++ staat voor "helemaal geschikt"

+ staat voor "geschikt maar niet helemaal"

0 staat voor indifferent of gemiddeld

Omdat niet geschikte maatregelen al in stap 1 afvallen wordt geen negatieve score gehanteerd.

Aan het einde van de afweging wordt een voorkeur van de maatregelen afgeleid, waarbij wederom de bovenstaande schaalverdeling is gebruikt. De totaalscore wordt gebaseerd op de laagste beoordeling voor een aspect. Oftewel; als een maatregel op effectiviteit als "+", wordt beoordeeld maar op de andere aspecten als "++", dan is de totaalbeoordeling een "+".

Voor de beschouwde maatregelen in de clusters zijn de kosten bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- Prijzen op basis van prijspeil 2014.
- Kosten inclusief PEAT3 opslag.
- Er zijn voor de uitvoering van de werkzaamheden geen aanvullende kosten voor het bouwrijp maken voor de specifieke maatregelen.
- Wanneer de mitigerende maatregel "OTC" op meerdere locaties wordt toegepast, kunnen de vaste uitvoeringskosten over een grotere wandlengte worden verdeeld.

De opbrengsten per pand (het richtbedrag) zijn gebaseerd op ref [4]. Hierbij is uitgegaan van prijspeil 2014. Hieruit volgt een waarde van 47.000 euro per woning als geaccepteerde kosten voor maatregelen. Dit betreft dan de kosten zoals vastgelegd in de SSK-raming, de Mu-waarde incl. 19,5 % PEAT kosten, en inclusief btw.

Voor kantoren is in ref [5] een normbedrag per relevante werkplek van € 500,- gehanteerd. Door Arcadis is aangehouden dat een werkplek in een kantoor overeenkomt met een bedrijfsoppervlak van 10 m<sup>2</sup> en dat het gehele pandoppervlak als werkruimte is aan te merken. Dit betekent dat voor de functie kantoren een normbedrag van € 50 per m<sup>2</sup> kantooroppervlak is gehanteerd.

Voor overige gebruiksfuncties is vooralsnog geen algemene benadering voor de vaststelling van het normbedrag beschikbaar. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten bepaald:

***Bijeenkomstruimte, onderwijs en gezondheidszorgfunctie***

Voor deze gebruiksfuncties wordt als uitgangspunt de benadering voor kantoren gehanteerd. Dat betekent dat voor deze functies wordt gerekend met een normbedrag van € 50 per m<sup>2</sup>gebouwoppervlak.

---

<sup>3</sup> PEAT staat voor de engineeringkosten betreffende "Project management, Engineering, Administratie en Toezicht".

*Bedrijfspannd en winkelruimte*

Per bedrijfspannd wordt aangenomen dat 10% van het oppervlak van het bedrijfsgebouw de functie "kantoor" heeft. Dit betekent dat voor de functie bedrijf/industrie een normbedrag van € 5 per m<sup>2</sup> oppervlak bedrijfsgebouw is gehanteerd.

De doelmatigheid van de maatregel is uitgedrukt met een coëfficiënt voor kostendoelmatigheid, op basis van de volgende relatie:

Bij woningen:

Kosten doelmatigheid =  $(n \cdot 47.000) / \text{kosten van de maatregel set}$ , waar n het aantal woningen is waarvoor de totale benodigde reductie wordt bereikt.

Bij kantoren, bijeenkomstruimten, gezondheidszorg, sportfunctie en onderwijsfunctie en scholen:

Kosten doelmatigheid =  $A \cdot 50 / \text{kosten van de maatregel set}$ , waarbij A het vloeroppervlak in het gebouw betreft.

Bij bedrijfspannd en winkelruimte:

Kosten doelmatigheid =  $A \cdot 5 / \text{kosten van de maatregel set}$ , waarbij A het inpandige vloeroppervlak in het bedrijfsgebouw betreft.

Hierin is het maatregel bedrag uitgedrukt in Euro en het bedrijfsoppervlak in m<sup>2</sup>.

Indien een cluster uit een combinatie van panden met verschillende functies bestaat worden de opbrengsten vanuit de diverse functies samengesteld vergeleken met de kosten van de maatregelen-set.

De bovengenoemde totale investeringskosten (incl. BTW en incl. PEAT-kosten) zijn als basis voor de kostenvergelijking in stap 3 (Multicriteria analyse) gehanteerd.



## 3 ALGEMENE BEOORDELING MAATREGELLEN

### 3.1 Bronmaatregelen

De volgende bronmaatregelen zijn beschouwd:

- Ballastmatten
- Verbetering aansluiting bij kunstwerk
- Onderhoud rails
- Onderhoud ballastbed
- Under sleeper pads
- Zettingsvrije plaat
- Betonplaat onder ballastplaat met ballastmat
- LadderTrack
- Wide sleeper track
- Floating slab track
- Spoor voegloos maken
- Wissel verplaatsen
- Betonplaat onder ballastbed met isolatiemateriaal onder dwarsliggers
- Afveren rails met railklemmen op betonplaat
- Geogrid

Een aantal van de bovengenoemde maatregelen maken onderdeel van een “standaard” spoorontwerp. Zo worden “ballastmatten” toegepast bij spoor in ballast op een kunstwerk, wordt “een verbetering van de overgang baan-kunstwerk” standaard gerealiseerd middels de toepassing van overgangplaten en wordt het spoor, waar mogelijk, voegloos uitgevoerd. Daarnaast vindt regulier onderhoud plaats aan rails en ballastbed, waarmee, naast handhaving van het comfort van de reiziger, ook de emissie van trillingen naar de omgeving wordt beperkt.

De onderstaande beschouwing van maatregelen heeft betrekking op het effect van toepassing in die situaties die niet “standaard” in het ontwerp zitten, dan wel tot het regulier onderhoud behoren.

De maatregel “Under sleeper pads” is effectief in het frequentiedomein vanaf 25 Hz en 30 Hz. In deze situatie zijn dominante trillingen vanaf 8 Hz aan de orde. Dat betekent dat deze maatregelen niet geschikt zijn om de reductie in het benodigde frequentiedomein afdoende te faciliteren. Hetzelfde is van toepassing op de maatregel “Afveren rails met railklemmen”.

De maatregel “Zettingsvrije plaat”, is in het algemeen een effectieve maatregel, maar heeft alleen wezenlijke meerwaarde ten opzichte van de maatregel “betonplaat” in een situatie waarbij het baanlichaam is aangelegd op een relatief slappe ondergrond, waarbij zetting van de baan een aandachtspunt is in het onderhoud van het spoor. In het gebied ten noorden van ‘s-Hertogenbosch zou deze maatregel beschouwd kunnen worden. Echter, omdat in dat gebied slechts een tweetal (alleenstaande) afwegingspanden zijn geïdentificeerd, valt deze maatregel op grond van kosten af.

In het gebied vanaf en ten zuiden van ‘s-Hertogenbosch is de zettingsvrije plaat niet wezenlijk effectiever dan een betonplaat, terwijl de oplossing, als gevolg van de benodigde funderingspalen, aanzienlijk duurder is dan de betonplaat. Op basis van de genoemde argumenten is de maatregel “Zettingsvrije plaat” aangemerkt als niet kosten efficiënt en is deze niet verder in beschouwing genomen. Op dit gedeelte wordt de maatregel “Betonplaat” als maatregel beschouwd.

De maatregelen “Floating slab track”, “Ladder track” en “Wide sleeper track”, die weliswaar een substantiële trillingsreductie kunnen opleveren, betreffen spoorconstructies die door ProRail niet zijn vrijgegeven voor toepassing in het spoor. Omdat de proceduurtijd van het vrijgave traject lang is, is er geen zekerheid dat deze maatregelen ook daadwerkelijk toegepast kunnen worden. Om die redenen zijn deze maatregelen als niet robuust terzijde gelegd en worden deze niet verder meegenomen.

De maatregelen “Spoor voegloos maken”, “Wissel verplaatsen”, “Betonplaat onder ballastbed met isolatie materiaal onder dwarsliggers”, “Afveren rails met railklemmen op beton plaat”, “Geogrid” zijn niet beschouwd als algemene maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel geen zekerheid bieden ten aanzien van de te realiseren trillingsreductie ofwel omdat deze praktisch niet inpasbaar in het ontwerp zijn.

Het bovenstaande leidt tot het uitgangspunt dat alleen de optie “Betonplaat onder ballastbed met ballastmat” als bronmaatregel wordt beschouwd.

### 3.2 Maatregel in de overdracht

Tussen spoorconstructie en de ontvanger zijn de volgende type mitigerende maatregelen in de overdracht beschouwd:

- Een ondergronds scherm of sleuf, nader aangeduid als OTC (Ondergronds Trillingswerende Constructie)
- Trilling scherm in de vorm van L-wand in het talud van de aardebaan
- Steiler maken spoortalud
- Spoorsloot/waterpartij

De OTC's kunnen worden onderscheiden in wanden met grote stijfheid en massa (ten opzichte van de ondergrond) en wanden met een geringe stijfheid.

De eerste groep omvat wanden die worden gerealiseerd met behulp van in-situ ontgravings en/of grondvermengingstechnieken waarbij beton of grout wordt ingebracht en waardoor, na verharding van het wand-mengsel een stijve wand ontstaat.

Voor de OTC's met een grote stijfheid worden uitsluitend de typen "diepwand" en "jet-groutwand" beschouwd, om de volgende redenen:

- Een wand die volgens de "diepwand"-techniek wordt gerealiseerd heeft een grote stijfheid en zal in de aanwezige ondergrond goed te realiseren zijn, als een continue betonwand.
- Een wand op basis van de techniek "jet-grouting" is realiseerbaar in de ondergrond zoals aangetroffen in het projectgebied. Wel zullen de wandafmetingen (wanddikte en diepte) in vergelijking tot een "diepwand" iets groter zijn om dezelfde effectiviteit als een diepwand te kunnen bereiken. Bovendien kan met deze techniek geen goede wand tot aan maaiveld worden gerealiseerd en zal naar verwachting de bovenste 2 m van de wand na een ontgraving in beton moeten worden opgestort op het gedeelte dat middels jet-grouting is geïnstalleerd. Dit hangt samen met de uitvoeringstechniek van jet-grouten, waarbij onder grote druk (tot 50MPa of hoger) de ondergrond wordt versneden en vermengd met grout. Weliswaar is door sturing in werkdruk de uitvoering op geringe diepte mogelijk, maar de kwaliteit van de aldus te realiseren wand is op dit moment nog onvoldoende onderbouwd met praktijkervaringen (incl. trillingsmetingen). Overigens dient de wand in ieder geval over de bovenste meter tot maaiveld te worden afgewerkt met een in het werk te storten deksloof.
- Een wand op basis van een situ graafmethodiek waarbij tijdens het graven de losgegraven grond wordt vermengd met een groutmengsel (bijvoorbeeld volgens CSM of MIP-methodiek). Bij deze techniek wordt een wand verkregen met een aanzienlijk lagere stijfheid dan bij de diepwand methodiek. Via indicatieve berekeningen is vastgesteld dat een wand volgens deze techniek een reducerende werking heeft tot maximaal orde 30%, hetgeen daarmee minder dan de helft is van de effectiviteit van een diepwand met dezelfde afmetingen.

De tweede groep OTC's met lage stijfheid omvat de volgende typen:

- Polystyrenescherm in bodem bij een pand ("EPS-wand")
- OTC open sleuf in bodem
- OTC open sleuf met keerwanden
- OTC beklede keerwand

De maatregelen van het type OTC met lage stijfheid worden geen van alle geschikt geacht om de volgende redenen:

- De maatregel "OTC-polystyreen in bodem bij woning" (EPS) is niet meegenomen als een algemene maatregel voor het gebied Vught wegens de volgende redenen:
- Onzekerheid over de effectiviteit van de maatregel "EPS" voor dit gebied:  
Er zijn grote reducties benodigd in het projectgebied. De effectiviteit van deze maatregel is op basis van indicatieve modelberekeningen bepaald op maximaal 35%. Echter, de modelberekeningen geven aan dat het invloedsgebied van de maatregel achter de wand beperkt is tot enkele meters. Daardoor is het onzeker dat toepassing van de maatregel aan de buitenzijde van de panden voldoende is om volledige mitigatie te realiseren.
- Bij de indicatieve berekeningen is een benodigde schermdiepte van circa 2 m vastgesteld, Bij deze diepte kan niet worden uitgesloten dat de wand deels beneden de hoogste grondwaterstand ligt. Hierbij is er risico van opdrijven van de wand.

- Onzekerheid van beheersbaarheid van de maatregel “EPS”:  
In de stedelijke gebieden van ‘s-Hertogenbosch, Vught en Boxtel zal toepassing op grote schaal noodzakelijk zijn bij veel afzonderlijke panden. De handhaving van de maatregel, waarbij graafactiviteiten tot beschadiging leiden is lastig. Bovendien is bij toepassing langs aaneengesloten panden met meerdere afzonderlijke eigenaren de afdwingbaarheid van de maatregel waarschijnlijk niet mogelijk waardoor de effectiviteit per afzonderlijk pand niet is te borgen.
- Er is nog onvoldoende ervaring met toepassing, zodat grootschalige toepassing niet is aan te bevelen.
- Op basis van de bovengenoemde argumenten wordt de maatregel “EPS” voor het plangebied niet als een toepasbare maatregel meegenomen:
- De maatregelen “OTC open sleuf in bodem” is niet beschouwd als maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel geen zekerheid bieden ten aanzien van de te realiseren trillingsreductie, ofwel omdat de inpasbaarheid in omgeving en spoor situatie (‘s-Hertogenbosch, Vught, Boxtel) niet mogelijk is.
- De maatregel “OTC open sleuf met keerwanden” is in theorie effectief maar het garanderen van een duurzame open sleuf in een bebouwde omgeving is niet realistisch, onder meer doordat dit intensief beheer vereist. Daarom is deze maatregel niet verder opgenomen als een algemene maatregel.
- De maatregel “OTC beklede keerwand” is niet opgenomen als een algemene maatregel. Deze maatregel is tot nu toe in de praktijk alleen toegepast en op effectiviteit beoordeeld in een ondergrondssituatie boven het grondwaterniveau. Er is weliswaar een complexe uitvoeringstechniek voor toepassing onder het grondwaterniveau bekend, maar hiermee zijn nog geen ervaringen. Bovendien vereist toepassing van deze techniek een tijdelijke bouwput met een breedte van enkele meters, die tot de diepte waarop de bekleding aangebracht dient te worden moet worden ontgraven. Dit betekent dat lange (stalen) damwanden ingebracht moeten worden. Op basis van de genoemde overwegingen wordt de inzet van deze techniek niet als realistisch beschouwd.
- De maatregel “Spoorsloot/waterpartij” is niet meegenomen als een algemene maatregel omdat de reducerende werking van deze maatregel beperkt is en deze maatregel in het stedelijk gebied in zijn algemeenheid slecht is in te passen.

De maatregelen “Trillings scherm L-wand in talud” en “Steiler maken spoortalud”, “Spoorsloot/waterpartij” zijn niet beschouwd als algemene maatregel in het projectgebied omdat deze maatregelen ofwel onvoldoende trillingsreductie leveren.

In Bijlage A zijn de diverse maatregelen in de overdracht schematisch weergegeven.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat alleen de OTC type stijve wand in de uitvoeringsvormen “diepwand”, “jet-grout-wand” en “MIP-wand”, in geval van een reductie van minder dan 30%, nader in de analyse wordt meegenomen als kansrijke mitigerende maatregelen in de overdracht.

### 3.3 Maatregel bij ontvanger

Een deel van de denkbare maatregelen heeft betrekking op het aanpassen van woningen. Dit betreft de volgende maatregelen:

- Verstijven van (houten) vloeren: door het vervangen van (houten) vloerbalken door bijvoorbeeld stalen balken of het vervangen van houten vloeren door een betonnen vloer wordt gewicht aan de constructie toegevoegd en de stijfheid vergroot. Deze maatregelen zijn doorgaans alleen op de begane grondvloer toepasbaar. Bij toepassing op verdiepingvloeren zal dit mogelijk gecombineerd moeten worden met het aanpassen van de draagconstructie (wanden).
- Vervangen van niet-dragende binnenwanden door dragende wanden: dit draagt bij tot het verstijven van het pand en daardoor tot een reductie van de trillingen in het pand.
- Verstijving van buitengevels door het aanbrengen van een extra gemetselde wand tegen de gevel heeft naar verwachting een gering effect, omdat de gevel in de meeste gevallen al een stijfheid van betekenis heeft.
- Het vergroten van de stijfheid door het aanbrengen van externe verstijvingen aan het pand (“steunberen”). Omdat dit de beeldkwaliteit van het pand aantast en naar verwachting ook maar een beperkt effect heeft, wordt deze optie niet verder meegenomen.
- Het verzwaren en/of verstijven van de fundering van het pand, bij voorbeeld door het installeren van extra funderingspalen (in geval van een paalfundering) of het aanbrengen van een funderingsplaat onder het gehele pand (bij een op staal gefundeerd pand) kan zeer effectief zijn. Deze maatregel is echter zeer kostbaar.

- Toepassen van een dempende constructie in het pand. Hierbij wordt een verend ondersteund zwaar gewicht in het pand geïnstalleerd. De vergrote massa draagbaarheid en demping karakteristiek van het pand zal de beweging van het pand in theorie verminderen. Deze methodiek is echter voor de meeste panden niet inpasbaar, vanwege het benodigde ruimtebeslag. Bovendien is de methode zeer kostbaar.

De maatregelen “verstijven van vloeren” en “vervangen van niet dragende binenwanden” worden niet als kansrijk gezien omdat de inpasbaarheid in de bestaande bouwkundige constructie complex zal zijn met als gevolg hoge kosten, ingrijpende constructieve aanpassingen aan de panden en daardoor ingrijpende gevolgen voor de bewoners gedurende de uitvoering van de maatregel (waarschijnlijk kunnen bewoners gedurende enige weken geen gebruik maken van het pand). De kosten van deze maatregelen zijn naar verwachting bovendien hoger dan het richtbedrag per pand (zie paragraaf 2.4).

De maatregelen “extra stabiliteitswanden” en “aanbrengen dempende massa” worden vanuit het oogpunt van inpasbaarheid (respectievelijk beeldkwaliteit en ruimtebeslag) niet als realistisch gezien.

Samenvattend wordt dat er bij de ontvanger geen maatregelen beschouwd.

### 3.4 Investeringskosten van maatregelen

De investeringskosten van maatregelen die als uitgangspunt voor de kostendoelmatigheidsafweging worden gehanteerd, zijn als volgt bepaald:

#### **Bron- en overdrachtsmaatregelen**

Voor bron- en overdrachtsmaatregelen is gebruik gemaakt van een eenheidsprijs per strekkende meter maatregel (Mu waarde, inclusief PEAT, incl. BTW).

De eenheidsprijzen zijn ontleend aan een kostenanalyse (op basis van investeringskosten) die is opgesteld voor de meest voorkomende oplossingsituaties in ‘s-Hertogenbosch, Vught en Vught-Boxtel.

Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat de maatregel, op een specifieke locatie over een lengte van 100 à 300 m toegepast wordt. De eenheidsprijzen zijn samengevat in Tabel 2 en gebaseerd op de opstelling per maatregel weergegeven in bijlage B.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende situaties:

- Realisatie van (bron)maatregelen ter plaatse van bestaande spoor (“in spoorzone”);
- Realisatie van bronmaatregelen bij een nieuwbouw situatie (“vrije bouw”)
- Realisatie van overdrachtsmaatregelen buiten de spoorzone

Voor de OTC- wanden is de prijs gebaseerd uitgaande van een wandlengte van 100 -300 m.

Tabel 2 Bouwkosten overzicht maatregelen per strekkende meter

Maatregel [-]	Investeringskosten/m' in spoorzone [€]	Investeringskosten/m' buiten spoorzone/ vrije bouw langs spoor [€]
Betonplaat onder 1 spoor, emplacement	5.800 <sup>4</sup>	2.800
Betonplaat onder 2 sporen emplacement	9.800	5.700
Betonplaat onder 3 sporen emplacement	13.900	8600
Betonplaat onder 4 sporen	18.000	11.500
Diepwand (10 m diep)		14.200
Diepwand (15 m diep)		17.900
Diepwand (20 m diep)		21.600
Jet-grout wand (13 m diep)		19.600
Jet-grout wand (18 m diep)		24.400
Jet-groutwand (23 m diep)		28.400

<sup>4</sup> Dit is inclusief spoorkosten.

### 3.5 Eerste selectie van maatregelen

In vervolg op de in het voorgaande beschreven algemene beoordeling van maatregelen is een eerste selectie uitgevoerd, waarbij per deelgebied de effectiviteit van de maatregelen nader is beschouwd in relatie tot de beoogde trillingsreductie. In deze verfijningsslag is nader gekeken naar de volgende twee aspecten met betrekking tot effectiviteit:

- Geschiktheid van de maatregel in het frequentiedomein.
- De maximaal realiseerbare reductie door de maatregel.

Voor het aspect frequentiedomein is een vergelijking gemaakt tussen het bereik van de dominante frequenties waarop de maatregelen effect hebben en het bereik van de dominante frequenties zoals vastgesteld bij de trillingsmetingen, die maatgevend zijn voor de diverse deelgebieden.

Voor de noodzakelijke reductie is in eerste instantie een vergelijking gemaakt tussen de benodigde reductie (in procenten) en de realiseerbare percentages reductie van de maatregelen volgens de maatregelencatalogus. Omdat op basis van oriënterende modelberekeningen en door ons geraadpleegde literatuur de indruk is ontstaan dat de realiseerbare percentages in de catalogus deels te optimistisch zijn, zijn de uitgangspunten per beschouwde maatregel aangepast. Op basis van de resultaten van deze nadere beoordeling zijn de maatregelen op basis van percentage reductie nader geclassificeerd.

De volgende maatregelen worden in de verdere analyse per deelgebied en binnen deze gebieden weer opgedeeld naar clusters beschouwd:

- Betonplaat.
- Diepwand.
- Jet-groutwand.
- MIP-wand.

## **4 AFWEGING ZUIDWESTBOOG**

In het deelgebied Zuidwestboog vinden alleen fysieke ingrepen aan het spoor plaats ter plaatse van de boog van Meteren. Binnen het invloedsgebied van het spoor is echter geen bebouwing aanwezig. Een maatregelen afweging is voor dit deel niet aan de orde.

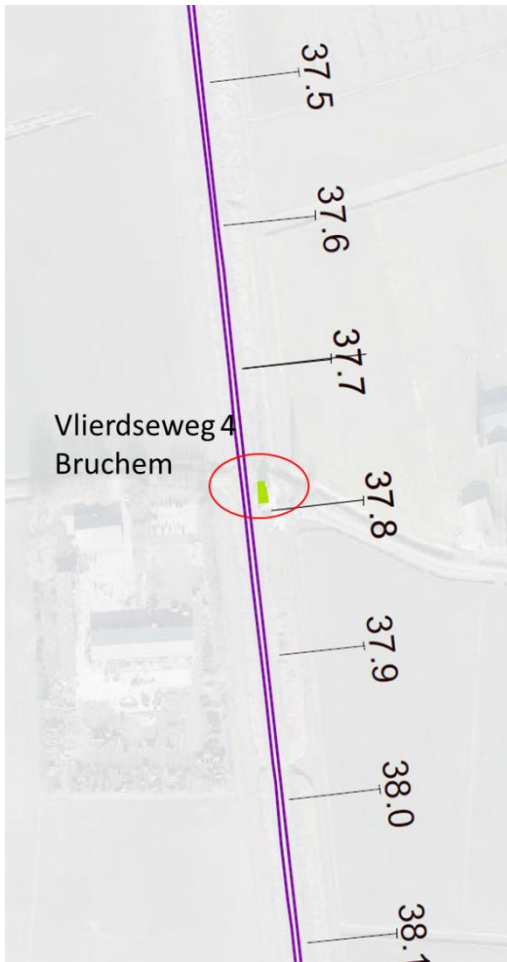
Op basis van de bovengemelde redenen, is er geen maatregelenafweging voor dit gebied uitgevoerd.

## 5 AFWEGING WAARDENBURG – 'S HERTOGENBOSCH

### 5.1 Deelgebied Waardenburg – Hedel

#### 5.1.1 Knelpunten analyse

In het gebied Waardenburg - Hedel is één afwegingspand vastgesteld (zie ref [1]). Bij dit afwegingspand is sprake van een overschrijding van de grenswaarde voor Vper. De locatie is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8 Locatie afwegingspand deelgebied Waardenburg-Hedel

Voor dit pand Vlierdseweg 4, Bruchem (bij km 37.8) is een reductie benodigd van 34%.

#### 5.1.2 Clustering van afwegingspanden

Het betreft hier op een locatie een enkel pand. Het volgende cluster wordt onderscheiden:

Tabel 3 Beschrijving cluster Waardenburg - Hedel

Nr.	Benaming	Omschrijving
1	Cluster Vlierdseweg	Dit cluster bevat een pand. Dit pand ligt aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 37.8.

#### 5.1.3 Doelmatigheidsafweging van maatregelen

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is beoordeeld in hoeverre de kansrijke maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van benodigde reductie), inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, duurzaamheid en robuustheid.



Hierbij zijn de volgende afwegingen gemaakt:

- Het cluster omvat slechts één pand en daarom zijn bronmaatregelen niet kostendoelmatig omdat de investeringskosten aanzienlijk groter zijn dan de opbrengst per pand. Daarom is de bronmaatregel “betonplaat” niet als maatregel voor dit gebied meegenomen.
- De maatregel “verbetering aansluiting kunstwerk” is alleen toepasbaar indien er sprake is van een kunstwerk met sporen over een kunstwerk dat gelegen is bij het cluster. In dit geval is er een kunstwerk (overweg) bij het pand Vliedseweg. De afstand van het pand tot de overweg is echter zodanig dat een verbeteringsmaatregel bij de overweg over een grote lengte vanuit de overweg moet worden doorgezet waarbij bovendien naar verwachting onvoldoende mitigatie wordt bereikt. De kosten van deze maatregel zijn aanzienlijk groter dan de opbrengsten.
- De maatregel “OTC” is in het kader van de maatregelafweging afgefallen, omdat de werkruimte tussen pand en spoor voor realisatie van de wand onvoldoende is. Bovendien zijn de investeringskosten van de OTC hoog. Daarom is deze maatregel is niet doelmatig.

### 5.1.4 Samenvattende maatregelafweging

De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor het gebied Waardenburg – Hedel geen maatregelset is die voldoet aan de gestelde eisen in het kader van de doelmatigheidsafweging. Dit is samengevat in bijlage G.

## 5.2 Deelgebied ‘s-Hertogenbosch

### 5.2.1 Knelpunten analyse

In Figuur 9 zijn de locaties met afwegingspanden zoals bepaald in ref [2], weergegeven.



Figuur 9 Overzicht afwegingspanden deelgebied 's-Hertogenbosch

In het gebied 's-Hertogenbosch zijn in totaal 498 afwegingspanden vastgesteld (zie ref [2]).



## 5.2.2 Clustering van afwegingspanden

Het gebied 's-Hertogenbosch is verdeeld in zeven clusters waarin per cluster een afzonderlijke nadere analyse is uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. De aangehouden clusters zijn weergegeven in navolgende tabel.

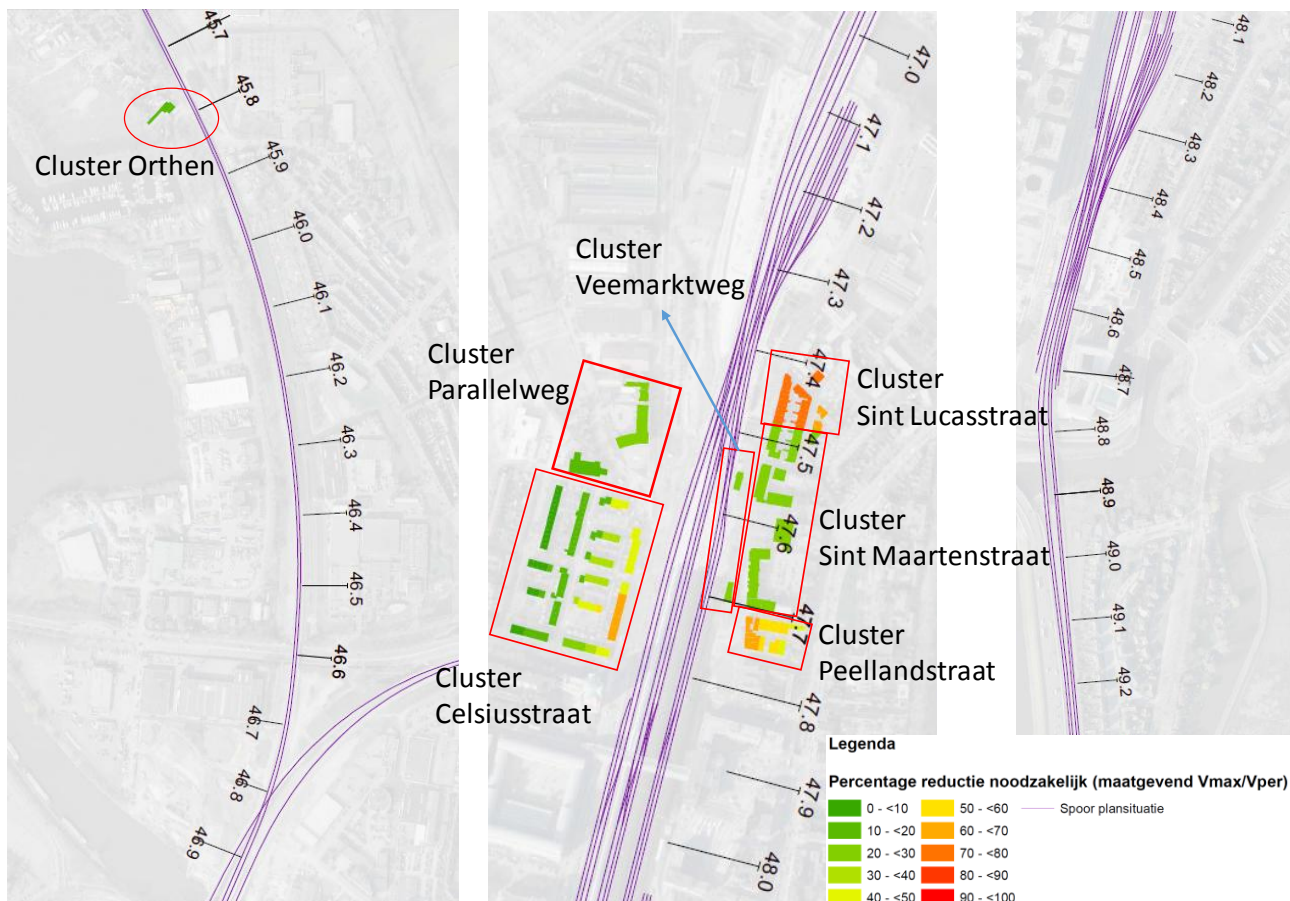
Tabel 4 Beschrijving clusters 's-Hertogenbosch Plansituatie

Nr.	Benaming	Omschrijving
1	Cluster Sint Lucasstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,41 tot en met km 47,48
2	Cluster Sint Maartenstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,49 tot en met km 47,70
3	Cluster Veemarktweg	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,49 tot en met km 47,70 echter op korte afstand van het spoor
4	Cluster Peellandstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,71 tot en met km 47,75
5	Cluster Orthen	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 45,78
6	Cluster Parallelweg	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,48 tot en met km 47,59
7	Cluster Celsiusstraat	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetring km 47,62 tot en met km 47,80

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in Figuur 10.

In Bijlage C zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingsreductie.

In Tabel 5 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (Vmax en Vper) weergegeven.



Figuur 10 Overzicht clusters 's Hertogenbosch

Tabel 5 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging 's-Hertogenbosch

Nr.	Locaties	Aantal afwegingspanden/ wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m <sup>2</sup> )	Vloeroppervlakte per categorie (m <sup>2</sup> )	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Sint Lucasstraat	55/55	N.v.t.	N.v.t.	79%	11%
2	Cluster Sint Maartenstraat	178/178	N.v.t.	N.v.t.	23%	2%
3	Cluster Veemarktweg	2/0	449	Kantoorfunctie: 215 Bijeenkomst ruimte: 234	23%	0%
4	Cluster Peellandstraat	53/53	N.v.t.	N.v.t.	64%	0%
5	Cluster Orthen	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	16%
6	Cluster Parallelweg	13/5	4610	Kantoorfunctie: 2993 Bijeenkomstfunctie: 141 Onderwijsfunctie: 1476	29%	0%
7	Cluster Celsiusstraat	195/195	N.v.t.	N.v.t.	64%	15%

### 5.2.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse als potentieel toepasbaar zijn aangemerkt voor de verschillende clusters in het gebied 's-Hertogenbosch zijn samengevat in Tabel 6.

Tabel 6 Samenvatting van de nader te overwegen trillingsmitigerende maatregelen

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij ontvanger
's-Hertogenbosch	Betonplaat onder ballastbed met ballastmat	OTC-betonscherm in bodem	n.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), kosten, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

Hierbij wordt de volgende katekening gemaakt:

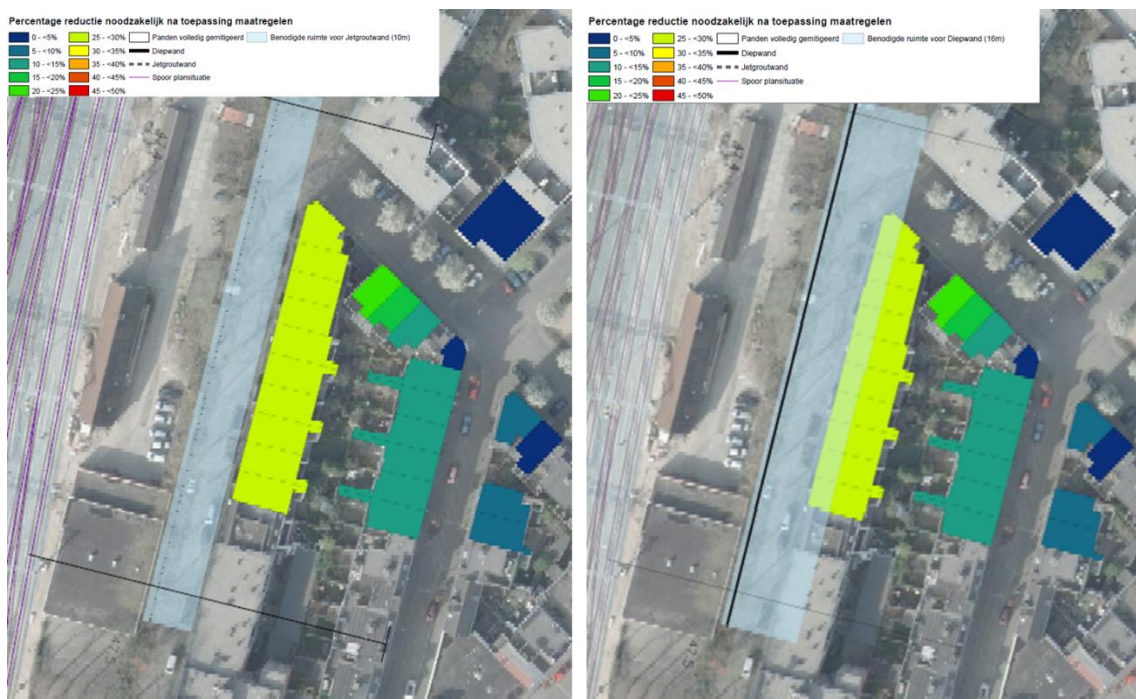
- Voor het gebied 's-Hertogenbosch zijn er 6 clusters (uit 7 clusters in totaal) gelegen ter hoogte van het emplacement 's Hertogenbosch. Bij keuze voor maatregelen aan de bron, zullen deze bronmaatregelen onder meerdere sporen (naar verwachting bij meer dan 5 stuks per cluster en plaatselijk onder alle sporen) nodig zijn om voldoende trillingsmitigatie bij de afwegingspanden te realiseren. Het realiseren van deze maatregelen op het emplacement 's-Hertogenbosch is zowel ontwerptechnisch en uitvoeringstechnisch zeer complex en is daardoor extreem kostbaar. Om deze reden worden bronmaatregelen niet als zeer realistisch beschouwd voor de clusters langs het emplacement 's-Hertogenbosch, te weten voor de clusters Sint Lucastraat, Sint Maartenstraat, Veemarktweg, Peellandstraat, Parallelweg en Celsiusstraat. Dit betekent dat de maatregel "Betonplaat" uitsluitend bij het cluster Orthen wordt beschouwd.

### 5.2.4 Nadere afweging per cluster

#### 5.2.4.1 Cluster Sint Lucasstraat

##### Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. De toepasbaarheid van een diepwand scoort negatief omdat de beschikbare werkruimte niet over de gehele lengte beschikbaar is. Een jet-groutwand is wel uitvoerbaar binnen de beschikbare ruimte.



Figuur 11 Benodigde werkruimte OTC, locatie Sint Lucasstraat (links “jet-groutwand, rechts “diepwand”)

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster, de maatregel “OTC” als toepasbaar nader beoordeeld. Daarbij worden zowel de variant “diepwand” en de variant “jet-groutwand” nader onderzocht.

**Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Onderstaand is het resultaat samengevat van de nadere verkenning van de in de vorige stap geformuleerde voorkeursmaatregelen.

Er zijn een drietal maatregelvarianten “OTC” beschouwd zowel voor type diepwand en het type jet-groutwand”. Het verschil tussen de 2 varianten per type is de toenemende diepte van de wand. Bij het type diepwand is uitgegaan van een wanddikte van 0,5 m. Voor de jet-groutwand is een dikte van 1,5 m aangehouden en is vervolgens een diepte aangehouden die eenzelfde effectiviteit heeft als bij de voorgaande diepwandvariant.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen Tabel 7*

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Boschveldweg 349. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken.

Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 7 Verkenning van oplossingen Cluster Sint Lucasstraat

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC circa 20 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=10 m	79	47	32	0	0
OTC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	79	47	32	0	0
OTC circa 20 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=15 m	79	50	29	15	8
OTC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	79	50	29	15	8
OTC circa 20 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=20 m	79	52	26	15	8
OTC circa 20 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	79	52	26	15	8

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel "OTC" bij Cluster Sint Lucasstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel "OTC" varieert op basis van de diepte van de wand.
- Bij toepassing van de jet-grout techniek is een circa 3 m diepere wand nodig dan bij toepassing van de diepwand techniek om dezelfde effectiviteit te realiseren.
- Zoals weergegeven in Tabel 7 neemt de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren toe bij grotere diepte van de OTC tot een diepte van 15 m voor diepwand of 18 m voor jet-groutwand. Een grotere diepte resulteert niet in een toename van het aantal panden waar voldoende trilling reductie wordt gerealiseerd.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren. De oorzaak hiervan is de vereiste zeer hoge reductie van trillingsniveaus.
- De maatregel "diepwand" scoort negatief op uitvoerbaarheid. De benodigde werkruimte voor installeren van de diepwand van circa 16 m is hier niet volledig beschikbaar. Daarom wordt deze maatregel niet verder beschouwd.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Sint Lucasstraat worden de onderstaande maatregelen sets nader geanalyseerd:

- Maatregel set 1: De maatregel Jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 2: De maatregel Jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte

De maatregel OTC dient in alle gevallen over een lengte van 140 m langs het spoor te worden toegepast om voor het gehele cluster in effect te resulteren (zie bijlage C).

De wand is aangenomen op een afstand van circa 25 m vanuit het spoor en op circa 8 m vanuit de eerstelijns bebouwing. Deze locatie wordt bepaald door de aanwezigheid van bebouwing langs het spoor, waardoor plaatsing dicht bij het spoor niet mogelijk is. De OTC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de OTC. Om deze reden scoort de maatregel een "0" op inpasbaarheid.



**Tabel 8 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Lucasstraat**

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 2: 18m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0	15
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 55)	8 (van 55)
Additionele max reductie benodigd [%]	32	29
Inpasbaarheid	0	0
Uitvoerbaarheid	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	2.744.000	3.416.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,11

Op basis van de multicriteria analyse worden voor dit cluster de volgende conclusies getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.
- De maatregel “jet-groutwand” scoort positief op uitvoerbaarheid bij een weliswaar enigszins lage kostendoelmatigheid.

Samenvattend voldoet geen van de beschouwde maatregelensets aan alle beoordelingscriteria.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster St Lucasstraat weliswaar resulteert in een effectieve maatregel, namelijk een jet-groutwand met een diepte van 13 m, maar dat de kostendoelmatigheid weliswaar toeneemt van circa 0 naar iets kleiner dan 1.

**Tabel 9 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Lucasstraat (30% regel)**

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	55 (van 55)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid	0
Uitvoerbaarheid	++
Onderhoudbaarheid	++
Robuustheid	++
Kosten [€]	2.744.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,94

### 5.2.4.2 Cluster Sint Maartenstraat

#### Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen OTC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. Maatregelen bij de ontvanger worden kansarm geacht, gezien het aantal panden, de vereiste mitigatie en de daardoor naar verwachting ingrijpende aanpassingen aan de panden. Dit zal resulteren in een lage kostendoelmatigheid die ver onder het criterium van minimaal 1 ligt.

Op basis van bovenstaande afweging wordt voor dit cluster de maatregel OTC van het type “diepwand” en van het type “jet-groutwand” nader uitgewerkt.

#### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Uitgegaan is van een OTC op circa 43 m vanuit het spoor. Voor de locatie van het OTC-schermbord wordt verwezen naar bijlage C.

Er is een tweetal maatregelvarianten OTC beschouwd zowel voor type diepwand en het type jet-groutwand. Het verschil tussen de 3 varianten per type is de toenemende diepte van de wand. Bij het type diepwand is uitgegaan van een wanddikte van 0,5 m. Voor de jet-groutwand is een dikte van 1,5 m aangehouden en is vervolgens een diepte aangehouden die eenzelfde effectiviteit heeft als bij de voorgaande diepwandvariant.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Sint Maartenstraat weergegeven.

Tabel 10 Verkenning van oplossingen Cluster Sint Maartenstraat

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden gemitigeerd
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC circa 43 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=10 m	23	38	3	98	174
OTC circa 43 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	23	38	3	98	174
OTC circa 43 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=15 m	23	40	0	100	178
OTC circa 43 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	23	40	0	100	178

#### Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 10:

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Sint Maartenstraat 3. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Onderstaand zijn de conclusies ten aanzien van effectiviteit van de maatregel "OTC" bij Cluster Sint Maartenstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel "OTC" varieert op basis van de diepte van de wand.
- Bij toepassing van de jet-grout techniek is een circa 3 m diepere wand nodig dan bij toepassing van de diepwand techniek om dezelfde effectiviteit te realiseren.
- Bij een wanddiepte van 15 m voor een diepwand of 18 m voor een jet-groutwand is volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

De maatregel diepwand langs het spoor voor cluster Sint Maartenstraat omvat een OTC op 43 m vanuit buitenste spoor over een lengte van 310 m (zie bijlage C).

De volgende maatregelen sets worden beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 10 m diepte en 0,5 m wanddikte.
- Maatregel set 2: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m wanddikte.
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m wanddikte.
- Maatregel set 4: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m wanddikte.

De OTC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de OTC. Om deze reden scoort de maatregel een "0" op inpasbaarheid

Tabel 11 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Sint Maartenstraat

criterium	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 3: 13 m diepe jet- groutwand	Maatregel set 4: 18 m diepe jet- groutwand
Effectiviteit [%]	97%	100%	97%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	174 (van 178)	178 (van 178)	174 (van 178)	178 (van 178)
Additionele max reductie benodigd [%]	3	0	3	0
Inpasbaarheid [-]	0	0	0	0
Uitvoerbaarheid [-]	+	+	+	+
Onderhoudbaarheid	++	++	++	++
Robuustheid	++	++	++	++
Kosten [€]	4.402.000	5.549.000	6.076.000	7.564.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,86	1,51	1,35	1,11

Op basis van de multicriteria analyse voor het cluster Sint Maartenstraat worden de volgende conclusies worden getrokken:

- Alle beschouwde maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid
- De maatregel OTC tot 15 m diepte voor diepwand of 18 m voor jet-groutwand voldoet op het aspect effectiviteit. Hierbij wordt echter in beide gevallen meer dan €1.000.000 aan extra investeringskosten aangewend ten behoeve van 4 extra afwegingspanden.
- De maatregel OTC tot 10 m diepte voor diepwand of 13 m voor jet-groutwand is kostendoelmatig bij een effectiviteit voor 174 van de totaal 178 panden, met een mitigatie "tekort" van 3 % voor deze 4 panden.
- De maatregelen zijn uitvoerbaar. De inpasbaarheid is als matig beoordeeld in verband met de noodzaak om een aantal waardevolle bomen te verwijderen.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging

waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster St Maartenstraat deze benadering geen aanpassingen oplevert.

### 5.2.4.3 Cluster Veemarktweg

#### **Stap 1: Globale afweging**

Het cluster Veemarktweg bestaat uit 2 singuliere panden die op korte afstand (minder dan 10 meter) vanuit het spoor liggen. De afstand tussen de beide panden bedraagt meer dan 450 m. De overdrachtsmaatregel OTC is hier niet toepasbaar omdat de ruimte tussen spoor en bebouwing gering is (minder dan 10 m). Beide panden in dit cluster hebben uitsluitend uit een begane grond verdieping met een groot vloeroppervlak. Bronmaatregelen bij de ontvanger zijn niet kostendoelmatig. Op basis hiervan is voor Cluster Veemarktweg geconcludeerd dat er geen doelmatige maatregelen inpasbaar zijn.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Veemarktweg geen aanpassingen oplevert.

### 5.2.4.4 Cluster Peellandstraat

#### **Stap 1: Globale afweging**

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoort de OTC met jet-grout techniek positief omdat er hiervoor voldoende werkruimte beschikbaar is. Voor een OTC aangelegd middels de diepwandtechniek is aan de noordzijde van het cluster onvoldoende ruimte beschikbaar. Aan deze zijde is een kantoorpand gelegen, waar de beschikbare aanleg ruimte wordt beperkt tot circa 13 m. Om deze reden is dit type wand aan de noordzijde van het cluster niet toepasbaar.

#### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Voor de locatie van de OTC-schermen wordt verwezen naar Bijlage C.

Voor de cluster Peellandstraat geldt dat voor alle panden met de functie "wonen" een maximale benodigde reductie van 64% noodzakelijk is. De OTC ligt circa 19 m van het spoor.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Peellandstraat weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 12:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 12 hebben betrekking op het maatgevende pand Boschveldweg 33. De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.



Tabel 12 Verkenning van oplossingen Cluster Peellandstraat

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=10 m	64	47	18	40	21
OTC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	64	47	18	40	21
OTC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=15 m	64	51	15	45	24
OTC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	64	51	15	45	24
OTC circa 19 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=20 m	64	53	11	60	32
OTC circa 19 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	64	53	11	60	32

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel "OTC" bij Cluster Peellandstraat weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel "OTC" varieert op basis van de wanddiepte.
- Bij toepassing van de jet-grout techniek is een circa 3 m diepere wand nodig dan bij toepassing van de diepwand techniek om dezelfde effectiviteit te realiseren.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Peellandstraat worden de onderstaande maatregelen sets beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte

De totale lengte van de OTC is circa 90 m en ligt op circa 19 m vanuit het spoor en aan de noordkant loopt deze geknikt om het pand van cluster Veemarktweg heen.

De OTC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een drietal bomen langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de OTC. Om deze reden scoort de maatregel een "+" op inpasbaarheid

Tabel 13 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Peellandstraat

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 2: 18 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 3: 23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	40%	45%	60%
Aantal panden gemitigeerd [-]	21 (van 53)	24 (van 53)	32 (van 53)
Additionele max reductie benodigd [%]	18	15	11
Inpasbaarheid [-]	+	+	+
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++	++
Robuustheid	++	++	++
Kosten [€]	1.764.000	2.196.000	2.556.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,56	0,51	0,59

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Peellandstraat te 's-Hertogenbosch worden de volgende conclusies worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet voor alle panden op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen set met jet-groutwand voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit de analyse blijkt dat bij het cluster Peellandstraat de doelwaarden worden bereikt met een 13m diepe jet-groutwand, met als bijkomend gevolg een toename van de kostendoelmatigheid tot boven 1, zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 14 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Peellandstraat (30% regel)

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	53 (van 53)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	+
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid	++
Robuustheid	++
Kosten [€]	1.764.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,41

#### 5.2.4.5 Combinatie clusters oostzijde

In de paragrafen 5.2.4.1 tot en met 5.2.4.4 is de maatregelenafweging voor de afzonderlijke clusters ten oosten van het emplacement station 's Hertogenbosch weergegeven.

In deze paragraaf wordt aanvullend onderzocht in hoeverre een combinatie van maatregelen van clusters tot een andere afweging leidt ten aanzien van de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid, dan wel of door koppeling van maatregelen een aanpassing van de te treffen maatregelen zoals beschreven per afzonderlijk cluster mogelijk is. In zowel cluster Sint Lucasstraat als cluster Peelandstraat wordt alleen de maatregel jet-grout-wand als overdrachtsmaatregel mogelijk geacht, waarbij een kostendoelmatige oplossing wordt verkregen bij hantering van de 30% aanpak.

Voor de combinatie van de clusters is uitgegaan van een doorgaande OTC, die echter voor de delen ten behoeve van de St Lucasstraat en Peelandstraat bestaat uit een jet-groutwand en een diepwand voor het gedeelte St Maartenstraat. In de detailleringfase kan als optimalisatie worden onderzocht of toepassing van een doorgaande jet-groutwand, met ter plaatse van het cluster St Maartenstraat een wanddiepte van 18 m een hogere kostendoelmatigheid heeft met eenzelfde effectiviteit.

Onderscheidend is dat deze combinatie wand voor de clusters Sint Lucasstraat en Peelandstraat de toenames mitigeert tot maximaal 30 procent voor  $V_{max}$ , terwijl voor het cluster Sint Maartenstraat de mitigatie volledig aan de doelwaarden van de Bts voldoet.

Het aantal panden met volledige mitigatie zal bij de gecombineerde wand niet afwijken van het totaal van het aantal gemitigeerde panden bij een afzonderlijke maatregel per cluster. Dat betekent dat het aantal gemitigeerde panden  $53+178+55 = 286$  stuks is ten opzichte van een totale omvang van het gecombineerde cluster van 286 panden, ofwel een effectiviteit van 100%.

De lengte van deze gecombineerde wand zal circa 410 m bedragen.

De OTC is gepland ter plaatse of nabij de locatie van een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg. Deze bomen zullen niet gehandhaafd kunnen worden ter plaatse van de OTC.

De investeringskosten van deze oplossing bedragen €7.730.000, en daarmee is de berekende kostendoelmatigheid 1,74. Het voorgaande betekent dat de maatregel voor het gecombineerde cluster Sint Lucasstraat, Sint Maartenstraat en Peelandstraat kostendoelmatig is.

In Bijlage C is de combinatie van de maatregelen die zijn beschouwd weergegeven. Opgemerkt wordt dat in de combinatiekaart het effect is weergegeven ten opzichte van de maximaal beoogde mitigatie conform Bts.

#### 5.2.4.6 Cluster Orthen

##### **Stap 1: Globale afweging**

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen OTC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. De grondopbouw ter plaatse van dit cluster wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van enkele slappe lagen onder maaiveld. Hierdoor zal een betonplaat op deze locatie op een paalfundering gefundeerd moeten worden. Hierdoor scoort deze oplossing op de aspecten uitvoering en bouwkosten laag.

##### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Voor de locatie van de OTC-schermen wordt verwezen naar Bijlage C.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Orthen weergegeven.

In dit cluster is sprake van een overschrijding van  $V_{per}$  bij beide panden (tot ongeveer 16% benodigd reductiepercentage).

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 15:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{per}$ " en "Gereduceerde  $V_{per}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 15 hebben betrekking op het maatgevende pand Orthen 162. De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde

reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is.

Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 15 Verkenning van oplossingen Cluster Orthen

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=10 m	16	6	10	0	0
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	16	6	10	0	0
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m,D=15 m	16	27	0	100	2
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	16	27	0	100	2

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “OTC” bij Cluster Orthen weergegeven:

- Zoals weergegeven in Tabel 15, neemt de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren toe bij grotere diepte van de diepwand.
- Bij een wanddiepte van 15 m voor een diepwand of 18 m voor een jet-groutwand is volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Orthen worden de onderstaande maatregelen sets beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte.

De lengte van de maatregel is circa 40 m op een afstand van circa 6 m vanuit het spoor.

De multicriteria analyse voor dit cluster is weergegeven in navolgende tabel.

Tabel 16 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Orthen

Criterion	Maatregel set 1: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 18 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2 (van 2)	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	716.000	976.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,13	0,10

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Orthen worden getrokken:

- Beide maatregelensets voldoet volledig op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Orthen geen aanpassingen oplevert.

#### 5.2.4.7 Cluster Parallelweg

##### Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen OTC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. Maatregelen bij de ontvanger worden kansarm geacht, gezien het aantal betrokken panden, de vereiste mitigatie en de daardoor naar verwachting ingrijpende aanpassingen aan de panden. Dit zal resulteren in een lage kostendoelmatigheid die ver onder het criterium van minimaal 1 ligt.

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster alleen de maatregel OTC als kansrijk nader beschouwd.

##### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Voor het cluster Parallelweg is met een maximale benodigde reductie van 29% voor  $V_{max}$ . Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor dit cluster weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 17:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van de tabel hebben betrekking op het maatgevende pand Parallelweg 53. De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 17 Verkenning van oplossingen Cluster Parallelweg

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Oppervlakte gemitigeerd/ Gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m <sup>2</sup> ] / [-]
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B= 0,5 m, D=10 m	29	64	0	100	4610 / 5
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	29	64	0	100	4610 / 5

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel "OTC" bij Cluster Parallelweg weergegeven:

- Als gevolg van de korte afstand tot de sporen is de effectiviteit van de maatregel "diepwand" bij een relatief korte wanddiepte van 10 m of een "jet-groutwand" met een wanddiepte van 13 m voldoende om volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Parallelweg worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 10 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: De maatregel jet-groutwand van 13 m diepte en 1,5 m dikte.

De totaal lengte van de benodigde OTC is ongeveer 260 m (zie Bijlage C).

Tabel 18 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Parallelweg

Criterium	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	5 (van 5)	5 (van 5)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	4610 (van 4610)	4610 (van 4610)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid	++	++
Uitvoerbaarheid	+	++
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	3.962.000	5.096.000
Kosten doelmatigheid	0,13	0,09

Bij uitvoering van de OTC als diepwand zal, in verband met de benodigde werkruimte, de oostelijke wegverharding van de Parallelweg volledig en de westelijke wegverharding gedeeltelijk tijdelijk afgezet moet worden en daardoor niet beschikbaar zijn voor het verkeer. In geval van toepassing van de jet-grout techniek

zal naar verwachting maximaal één rijstrook van de oostelijke wegverharding tijdelijk afgesloten moeten worden voor het verkeer. Om deze reden scoort de maatregelset 1 op het aspect "uitvoerbaarheid" lager dan maatregelset 2.

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Parallelweg te 's-Hertogenbosch kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De beschouwde maatregel sets voldoen op het aspect effectiviteit.
- De beschouwd maatregel sets voldoen niet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van Vmax van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van Vper conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Parallelweg geen aanpassingen oplevert.

#### 5.2.4.8 Cluster Celsiusstraat

##### **Stap 1: Globale afweging**

De overdrachtsmaatregel OTC scoort hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen OTC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is. Maatregelen bij de ontvanger worden kansarm geacht, gezien het aantal panden, de vereiste mitigatie en de daardoor naar verwachting ingrijpende aanpassingen aan de panden. Dit zal resulteren in een lage kostendoelmatigheid die ver onder het criterium van minimaal 1 ligt.

Op basis van het voorgaande wordt voor dit cluster alleen de maatregel OTC als kansrijk nader beschouwd.

##### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

In het cluster Celsiusstraat hebben alle panden de functie "wonen" en is de maximale benodigde reductie 64%.

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Celsiusstraat weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 19:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 19 hebben betrekking op het maatgevende pand Parallelweg 114. De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.



**Tabel 19 Verkenning van oplossingen Cluster Celsiusstraat**

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde afwegingspanden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=10 m	64	61	3	98	191
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	64	61	3	98	191
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=15 m	64	62	2	99	193
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	64	62	2	99	193
OTC circa 5 m van het spoor diepwand B=0,5 m, D=20 m	64	65	0	100	195
OTC circa 5 m van het spoor jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	64	65	0	100	195

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregel “diepwand” bij Cluster Celsiusstraat weergegeven:

- Volledige mitigatie is te realiseren met een 20 m diepte diepwand of 23 m diepte jet-groutwand op 5 m vanuit het buitenste spoor.
- Met een 15 m diepe diepwand of 18 m diepte jet-groutwand op 5 m vanuit het buitenste spoor, is er alleen sprak van overschrijden van 2 panden met benodigde reductie van minder dan 2% en 1%.

### **Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Celsiusstraat worden de onderstaande maatregelen sets nader beschouwd:

- Maatregel set 1: De maatregel diepwand van 15 m diepte en 0,5 m dikte
- Maatregel set 2: De maatregel diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte
- Maatregel set 3: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte
- Maatregel set 4: De maatregel jet-groutwand van 18 m diepte en 1,5 m dikte

De totale lengte van de OTC is ongeveer 290 m (zie Bijlage C) op een afstand van 5 m vanuit het spoor.

Tabel 20 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Celsiusstraat

Criterion	Maatregel set 1: 15 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 20 m diepe diepwand	Maatregel set 3: 18 m diepe jet- groutwand	Maatregel set 4: 23 m diepe jet- groutwand
Effectiviteit [%]	99	100	99	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	193 (van 195)	195 (van 195)	193 (van 195)	195 (van 195)
Additionele max reductie benodigd [%]	<2	0	<2	0
Inpasbaarheid	++	++	++	++
Uitvoerbaarheid	+	+	++	++
Onderhoudbaarheid	++	++	++	++
Robuustheid	++	++	++	++
Kosten [€]	5.191.000	7.076.000	6.264.000	8.236.000
Kosten doelmatigheid [-]	1,75	1,28	1,46	1,11

Bij uitvoering van de OTC als diepwand zal, in verband met de benodigde werkruimte, de oostelijke wegverharding van de Parallelweg volledig en de westelijke wegverharding gedeeltelijk, tijdelijk afgezet moet worden en daardoor niet beschikbaar zijn voor het verkeer. In geval van toepassing van de jet-grout techniek zal naar verwachting maximaal één rijstrook van de oostelijke wegverharding tijdelijk afgesloten moeten worden voor het verkeer. Om deze reden scoort de maatregelsets 1 en 2 op het aspect "uitvoerbaarheid" lager dan maatregelsets 3 en 4.

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Celsiusstraat te 's-Hertogenbosch kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Alle maatregelen sets voldoen (nagenoeg) op het aspect effectiviteit.
- Alle maatregelen sets voldoen op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat bij het cluster Celsiusstraat de doelwaarden worden bereikt met een circa 5 m kortere OTC met als gevolg een verdere toename van de kostendoelmatigheid, zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 21 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Celsiusstraat (30% regel)

Criterion	Maatregel set 1: 10 m diepe diepwand	Maatregel set 2: 13 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100	100
Aantal panden gemitigeerd [-]	195 (van 195)	195 (van 195)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid	++	++
Uitvoerbaarheid	+	+
Onderhoudbaarheid	++	++
Robuustheid	++	++
Kosten [€]	4.118.000	5.684.000
Kosten doelmatigheid [-]	2,23	1,61

#### 5.2.4.9 Combinatie clusters westzijde

Bij de beide clusters Parallelweg en Celsiusstraat wordt uitgegaan van een oplossing met de OTC op 5 m van het spoor. Bij combinatie van de beide clusters is daarom een maatregel OTC met een totale lengte van circa 480 m noodzakelijk (als conservatieve benadering is 265 langs het cluster Celsiusstraat en 215 m langs het cluster Parallelweg). De gecombineerde maatregel die wordt beschouwd, bestaat uit een OTC op circa 5 m uit het spoor, met een wanddiepte van circa 10 m diepwand of 13 m jet-groutwand langs cluster Parallelweg en van circa 15 m diepwand of 18 m jet-groutwand m langs cluster Celsiusstraat.

De investeringskosten zijn in dat geval € 7.796.500 en € 10.680.000 met respectievelijk diepwand en jet-groutwand techniek en de kostendoelmatigheid voor dit combinatie-cluster is dan 1,24 en 0,90 met respectievelijk diepwand en jet-groutwand techniek. De kaart voor de locatie van de gecombineerde OTC is in bijlage C weergegeven.

### 5.3 Samenvattende maatregelenafweging plansituatie

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt, wordt de volgende samenvattende beoordeling gemaakt voor het deelgebied Waardenburg - 's-Hertogenbosch, op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitend de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid. Indien gekozen is voor de toepassing van de 30% mitigatieregule is dit als opmerking in de laatste kolom van de tabel opgenomen.

Tabel 22 Samenvatting maatregelen afweging clusters Waardenburg - 's Hertogenbosch

No	Cluster	Maatregelset	Effectiviteit (%)	Kosten-doelmatigheid (-)	Opmerking
-	Vlierdseweg 4, Bruchum	n.v.t.	n.v.t	n.v.t.	
1	Sint Lucasstraat	Jet-groutwand, 18 m diep	15	0,13	
2	Sint Maartenstraat	Diepwand, 15 m diep	100	1,73	
		Jet-groutwand, 18 m diep	100	1,27	
3	Veemarktweg	n.v.t.	n.v.t	n.v.t.	
4	Peellandstraat	Jetgroutwand, 23 m diep	60	0,59	
	Combinatie 1,2,4	Jet-groutwand 13 m, diepwand 15m	100	1,74	Betreft 30% regel mitigatie voor cluster 1 en 4
5	Orthen	Diepwand 15 m diep	100	0,13	
		Jet-groutwand 18 m diep	100	0,10	
6	Parallelweg	Diepwand, 10 m diep	100	0,13	
		Jet-groutwand, 13 m diep	100	0,09	
7	Celsiusstraat	Diepwand, 15 m diep	Circa 100	1,75	
		Jet-groutwand, 18 m diep	Circa 100	1,46	
	Combinatie 6,7	Diepwand, 10/15 m diep	Circa 100	1,24	
		Jet-groutwand, 18/23 m diep	Circa 100	0,90	

- De maatregel “diepwand” is kostendoelmatig voor de clusters Sint Maartenstraat en Celsiusstraat en daarbij volledig effectief is.
- Voor de overige clusters, indien deze afzonderlijk worden beschouwd, is geen kostendoelmatige maatregel vastgesteld.
- Combinatie van de clusters Sint Lucasstraat, Sint Maartenstraat en Peellandstraat aan de oostzijde van het station, met daarbij mitigatie tot 30% toename voor de clusters Sint Lucasstraat en Peellandstraat en volledige mitigatie conform BTS voor de Sint Maartenstraat resulteert in een effectieve en kostendoelmatige maatregel. Wel zal hierbij een waardevolle bomenrij langs de Boschveldweg niet gehandhaafd kunnen worden.
- Aan de westzijde van het emplacement resulteert een integrale beschouwing van een OTC met diepwand voor alle afwegingspanden tot een effectieve en kostendoelmatige maatregel. Met jet-grout techniek leidt dit tot een weliswaar effectieve maar geen kostendoelmatige maatregel.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Op basis van de afweging van maatregelen worden voor het deelgebied 's-Hertogenbosch de trillingmitigerende maatregelen in het OTB opgenomen die zijn opgenomen in onderstaande tabel.

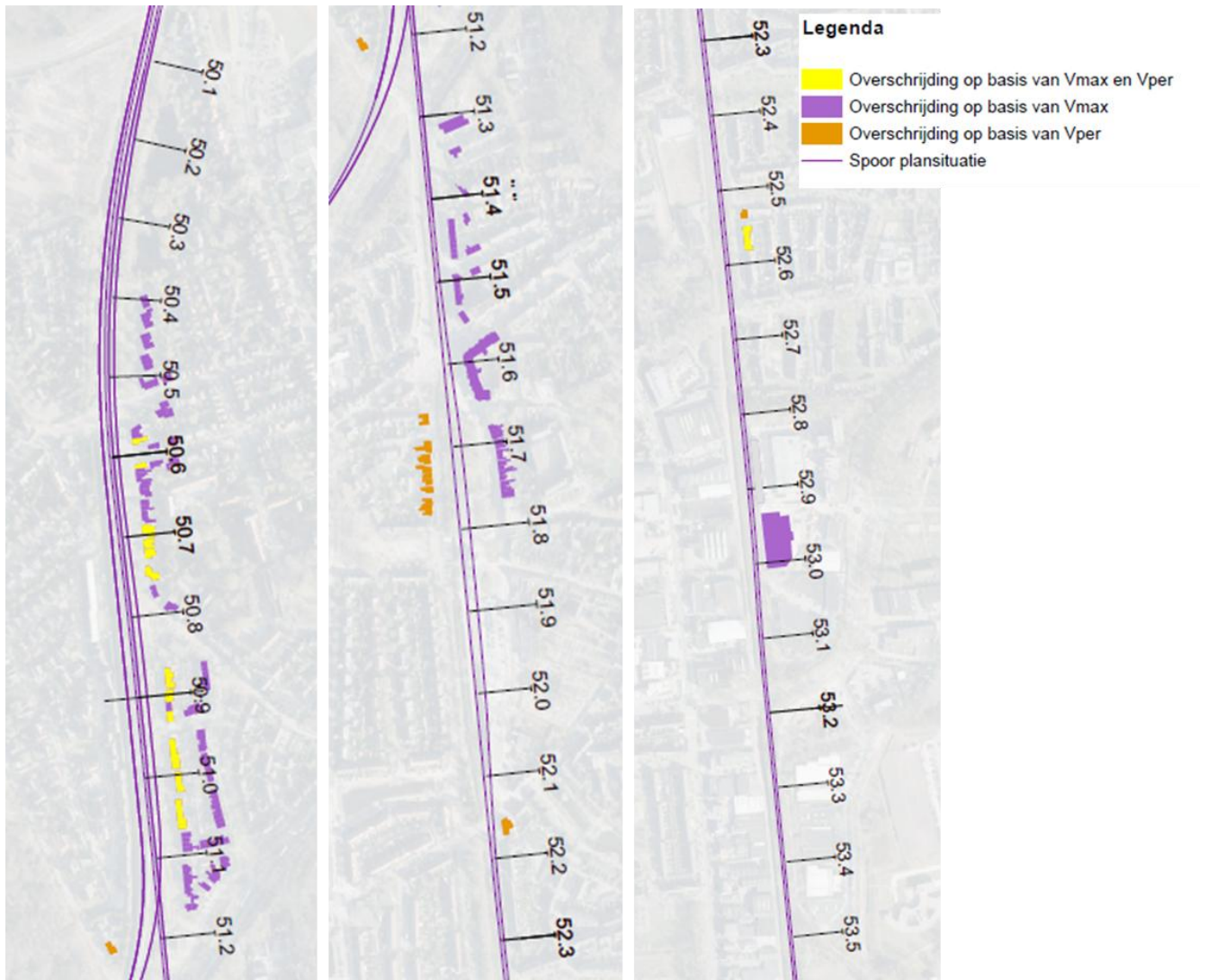
**Tabel 23 Samenvatting te treffen trilling-mitigerende maatregelen deelgebied Waardenburg - 's Hertogenbosch**

Gebied	Van km	Tot km	Wandtype	Wand-diepte	Wand-lengte	Wand-dikte	Opmerking
's-Hertogenbosch	47,37	47,51	Jetgroutwand	13 m	140 m	1,5 m	
's-Hertogenbosch	47,51	47,69	Diepwand	15 m	180 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 18 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk
's-Hertogenbosch	47,69	47,77	Jet-groutwand	13 m	90 m	1,5 m	
's-Hertogenbosch	47,36	47,575	Diepwand	10 m	215 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 13 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk
's-Hertogenbosch	47,575	47,84	Diepwand	15 m	265 m	0,5 m	In uitwerkingsfase is optimalisatie in wandtype met diepte tot 18 m en wanddikte tot 1,5 m mogelijk

## 6 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT PLANSITUATIE

### 6.1 Knelpunten analyse

De prognose van trillingsniveaus in de plansituatie voor het aspect trillingen is beschreven in ref [1]. In Figuur 12 is een overzicht opgenomen van de daarbij bepaalde afwegingspanden.



Figuur 12 Overzicht afwegingspanden Vught Plansituatie

In de plansituatie geldt dat:

- Er is in de plansituatie nergens sprake van een  $v_{max}B_t > 3,2$ .
- Bij een 219-tal panden wordt de  $B_t$ s overschreden voor  $v_{max}$ . Daarnaast zijn er nog 17 panden waar alleen de  $v_{per}$  wordt overschreden.
- Dat op basis van  $v_{max}B_t$ s alleen aan de oostzijde een reductie benodigd is van veelal 50% tot 60% van de  $v_{max}$  in de plansituatie. Uitzondering hierop is de bebouwing aan de Molenvenseweg waar een reductie tot 85% benodigd is
- Voor de  $v_{per}$  aan beide zijden van het spoor is een reductie van minder dan 45% benodigd (uitzonderingen hierop zijn de gebieden die ook een reductie ten behoeve van  $v_{max}$  behoeven).
- In het gebied Vught zijn in totaal 236 afwegingspanden vastgesteld (ref [1]).



## 6.2 Clustering van afwegingspanden

Het gebied Vught is verdeeld in verschillende clusters waarin per cluster een afzonderlijke nadere analyse is uitgevoerd naar de toepasbaarheid van maatregelen. Een cluster is een groep van woningen die profijt heeft van een gezamenlijke voorziening/maatregel. De volgende clusters worden onderscheiden:

Tabel 24 Beschrijving clusters Vught Plansituatie

Nr	Benaming	Omschrijving	Beschrijving plansituatie
1	Cluster Isabellastraat	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 50,40 tot en met km 50,51) en ten noorden van de "Loonsebaan".	Ter hoogte van dit cluster wordt geen verdiepte ligging gerealiseerd <sup>5</sup>
2	Cluster Molenvenseweg Noord	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 50,55 tot en met km 50,75)	Ter hoogte van dit cluster wordt geen verdiepte ligging gerealiseerd
3	Cluster Molenvenseweg Zuid	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 50,77 tot en met km 50,79)	Twee panden liggen in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd
4	Cluster Pieter Bruegellaan	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetring km 50,87 tot en met km 51,17	Dit cluster ligt in het gebied waarin zowel de verdiepte ligging als aardebaan situatie naast de bak worden gerealiseerd
5	Cluster Aart Heymlaan	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,19 tot en met km 51,20)	Dit cluster ligt nabij de aftakking naar Tilburg (aardebaan situatie)
6	Cluster Rembrandterf	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 51,31 tot en met km 51,35)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
7	Cluster Rembrandtlaan	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 51,40 tot en met km 51,53)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
8	Cluster Helvoirtseweg	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 51,55)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
9	Cluster Smidshof	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 51,58)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
10	Cluster van Miertstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetring km 51,66 tot en met km 51,79)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
11	Cluster Stationsstraat	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 51,68 tot en met km 51,76)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
12	Cluster Spoorlaan Noord	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 52,16 tot en met km 52,17)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
13	Cluster Spoorlaan Zuid	De panden aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 52,54 tot en met km 52,65)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging
14	Cluster De Schakel	Een Pand (winkelfunctie) aan de oostzijde van het spoor (spoormetring km 52,97)	Ter hoogte van dit cluster liggen de sporen in de verdiepte ligging

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in navolgende figuur.

<sup>5</sup> Alle panden liggen bij sporen op een aardebaan situatie.



Figuur 13 Overzicht clusters Vught Plansituatie

In Bijlage D zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingenreductie.

In Tabel 25 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingniveaus (Vmax en Vper) weergegeven.

Tabel 25 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging

Nr.	Locatie Vught	Aantal afwegingspanden /wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m <sup>2</sup> )	Vloeroppervlakte per categorie (m <sup>2</sup> )	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Isabellastraat	16/16	N.v.t.	N.v.t.	43%	0%
2	Cluster Molenvenseweg Noord	26/26	N.v.t.	N.v.t.	85%	45%
3	Cluster Molenvenseweg Zuid	2/2	N.v.t.	N.v.t.	61%	0%
4	Cluster Pieter Bruegellaan	77/77	N.v.t.	N.v.t.	59%	15%
5	Cluster Aart Heymlaan	1/1	N.v.t.	N.v.t.	0%	23%
6	Cluster Rembrandterf	5/1	1635	Kantoorfunctie: 1635	6%	0%
7	Cluster Rembrandtlaan	21/21	N.v.t.	N.v.t.	60%	0%
8	Cluster Helvoirtseweg	4/4	N.v.t.	N.v.t.	1%	0%
9	Cluster Smidshof	47/47	N.v.t.	N.v.t.	9%	0%
10	Cluster van Miertstraat	13/13	N.v.t.	N.v.t.	0%	25%
11	Cluster Stationsstraat	15/14	334	Gezondheidsfunctie: 334	30%	0%
12	Cluster Spoorlaan Noord	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	19%
13	Cluster Spoorlaan Zuid	6/6	N.v.t.	N.v.t.	26%	7%
14	Cluster De Schakel	1/0	2505	Winkelfunctie: 2505	1%	0%

## 6.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse als potentieel toepasbaar zijn aangemerkt voor de verschillende clusters in het gebied Vught zijn samengevat in Tabel 26.

Tabel 26 Samenvatting van de nader te overwegen trillings mitigerende maatregelen

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij de ontvanger
Vught	Beton plaat onder ballastbed met ballastmat	OTC-betonscherm in bodem, type diepwand en type jet-groutwand	n.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), inpasbaarheid, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

## 6.4 Nadere afweging per cluster

### 6.4.1 Cluster Isabellastraat

#### Stap 1: Globale afweging

De overdrachtsmaatregelen betonplaat en OTC scoren hier goed op effectiviteit en inpasbaarheid. Op toepasbaarheid scoren beide typen OTC positief omdat er voldoende werkruimte beschikbaar is.

#### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Hierbij zijn de volgende bronmaatregelen beschouwd:

- Betonplaat onder spoor 1 (oostelijk) van 0,5 m dikte.
- Betonplaat onder sporen 1 en 2 (oostelijk en midden) van 0,5 m dikte.
- Betonplaat onder sporen 1,2 en 3 van 0,5 m dikte.

Als maatregel in de overdracht tussen het spoor en de afwegingspanden is een OTC beschouwd.

Hierbij zijn een aantal maatregelvarianten beschouwd (zie bijlage D) die onderling verschillen in:

- De positie (afstand) tot spoor en bebouwing.
- De diepte D van de wand in de ondergrond.

#### Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 27:

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 27 hebben betrekking op het maatgevende pand Loonsebaan 28. De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum van alle individuele panden per cluster. Deze waarde ("Max tekort reductie") is ofwel gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, of is het tekort aan reductie bij een andere pand indien het effect van de maatregel bij dit pand geringer is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 27 Verkenning van maatregelen voor Cluster Isabellastraat

Maatregel	Max benodigd reductie Vmax	Gereduceerde Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat onder spoor 1 (oostelijk spoor)	43	22	23	25	4
Betonplaat onder sporen 1+2	43	22	21	25	4
Betonplaat onder sporen 1+2+3	43	22	21	25	4
OTC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=10 m	43	-29	72	0	0
OTC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=13 m	43	-29	72	0	0
OTC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=15	43	-13	56	0	0
OTC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	43	-13	56	0	0
OTC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=20	43	4	39	0	0
OTC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=23	43	4	39	0	0
OTC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=10	43	-1	44	19	3
OTC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=13	43	-1	44	19	3
OTC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=15	43	16	32	25	4
OTC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	43	16	32	25	4
OTC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=20	43	29	16	25	4
OTC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=23	43	29	16	25	4

Onderstaand zijn de resultaten van de beoordeling voor de maatregelen bij Cluster Isabellastraat weergegeven:

- De Vmax overschrijding van streefwaarden is niet alleen een gevolg van spoorpassages op het naastgelegen spoor, maar treedt bij een aantal panden ook op bij treinpassages op de andere sporen. Daarom is toepassing van een betonplaat onder het naastgelegen spoor als enige maatregel niet voldoende.

- De toepassing van de maatregel “betonplaat” onder meerdere sporen levert bij een aantal panden nog een (beperkte) extra reductie op maar levert geen volledige mitigatie op. Dit betekent dat ook bij toepassing van de maatregel betonplaat onder 3 sporen, aanvullende maatregelen nodig zijn om volledige reductie te krijgen.
- De diepte van de OTC en ook de afstand tot de ontvanger (hier panden) en vanaf de trillingsbron (het spoor), zijn belangrijk voor de effectiviteit van de maatregel.
- In sommige gevallen is lokaal een versterking van de trillingsniveaus van de trillingen door de wand berekend. De oorzaken zijn het frequentiedomein, afstand vanaf het spoor, het gedrag van de grondlagen en de positie van de maatregel “diepwand”. Er is sprake van een zogenaamde dynamische schaduwwerking direct achter de wand, waarbij de grootte van dit gebied, waarin uitsluitend een reducerend effect is berekend, afhangt van de diepte van de wand.
- De effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren toe bij grotere diepte van de OTC.
- Ondanks de toepassing van de maatregel “diepwand” zowel naast de bron als naast de ontvanger, is bij een aantal panden een extra reductie. Dit betekent dat, in combinatie met de maatregel “OTC”, andere maatregelen nodig zijn om volledige reductie te krijgen.

### **Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Isabellastraat worden de onderstaande maatregelen sets nader uitgewerkt:

- Maatregel set 1: de maatregel “betonplaat” voor twee sporen + diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 2: de maatregel “betonplaat” voor oostelijk spoor + diepwand van 20 m diepte en 0,5 m dikte.
- Maatregel set 3: de maatregel “betonplaat” voor twee sporen + jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte.
- Maatregel set 4: de maatregel “betonplaat” voor oostelijk spoor + jet-groutwand van 23 m diepte en 1,5 m dikte.

De maatregel diepwand dient langs het spoor over een lengte van circa 150 m, gerekend vanaf de Loonsebaan in noordelijke richting te worden toegepast. De betonplaat oplossing dient vanaf het kunstwerk Loonsebaan tot een afstand van circa 150 m in noordelijke richting te worden aangebracht onder de betreffende sporen.

De situatie van de maatregelen op de kaarten is weergegeven in bijlage D.

Tabel 28 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Isabellastraat

Criterium	Maatregel set 1: Betonplaat voor 2 sporen + diepwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 2: Betonplaat voor oostelijk spoor + diepwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 3: Betonplaat voor 2 sporen + jet- groutwand (L=20m kant weg)	Maatregel set 4: Betonplaat voor oostelijk spoor + jet-groutwand (L=20m kant weg)
Effectiviteit [%]	100%	100%	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	16 (van 16)	16 (van 16)	16 (van 16)	16 (van 16)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0	0	0
Inpasbaarheid [-]	+	+	+	+
Uitvoerbaarheid [-]	--	+	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++	++
Kosten [€]	4.095.000	3.660.000	5.115.000	4.680.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,18	0,21	0,15	0,16

Op basis van de multicriteria analyse voor Cluster Isabellastraat te Vught kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.
- Uit vergelijking tussen maatregelensets 1 en 2 en maatregelen set 3 en 4 blijkt dat de effectiviteit voor beide maatregel sets gelijk is en nagenoeg 100% bedraagt (er zijn rekenkundig 2 panden met een restoverschrijding van 1%).
- Op basis van alle beschouwde aspecten scoort de maatregel set bestaande uit een betonplaat onder spoor 1 en een OTC langs de spoorzijde van de wegverharding het meest positief.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Isabellastraat de doelwaarden worden bereikt met een circa 5 m kortere OTCen met als gevolg een geringe toename van de kostendoelmatigheid tot een waarde kleiner dan 0,5. Dit is in de onderstaande tabel weergegeven:



Tabel 29 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Isabellastraat (30% regel)

criterium	Maatregel set 1: Betonplaat voor oostelijk spoor	Maatregel set 2: Diepwand (L=15m kant weg)	Maatregel set 3: Jet-groutwand (L=18m kant weg)
Effectiviteit [%]	56%	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	9 (van 16)	16 (van 16)	16 (van 16)
Additionele max reductie benodigd [%]	<2	<1	<1
Inpasbaarheid [-]	+	+	+
Uitvoerbaarheid [-]	--	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++
Kosten [€]	855.000	2.685.000	3.660.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,49	0,28	0,21

## 6.4.2 Cluster Molenvenseweg Noord

### Stap 1: Globale afweging

Er is geen enkele maatregel individueel volledig geschikt voor Cluster Molenvenseweg Noord. De oorzaak hiervan is dat dit cluster een maximale reductie tussen 80% en 90% vereist en geen van de beschikbare maatregelen hieraan naar verwachting kan voldoen. Dit betekent dat een combinatie van de maatregelen "OTC-wand" en "betonplaat" noodzakelijk zal zijn om voldoende mitigatie te bereiken.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van de maatregelen voor cluster Molenvenseweg Noord samengevat.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 30:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 30 hebben betrekking op het maatgevende pand "Molenvenseweg 67". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 30 Verkenning van maatregelen voor Cluster Molenvenseweg Noord

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat op spoor 1 (oostelijke spoor)	85	19	77	0	0
Betonplaat op sporen 1+2	85	24	72	0	0
Betonplaat op sporen 1+2+3	85	10	79	0	0
Betonplaat op sporen 1+2+3+4	85	14	79	0	0
OTC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=20 m	85	56	30	38	10
OTC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	85	56	30	38	10
OTC t.p.v. talud Diepwand B=0,5 m, D=20 m	85	61	23	38	10
OTC t.p.v. talud Jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	85	61	23	38	10
OTC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=15 m	85	26	58	27	7
OTC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=18 m	85	26	58	27	7
OTC t.p.v. kant weg Diepwand B=0,5 m, D=20 m	85	28	56	35	9
OTC t.p.v. kant weg Jet-groutwand B=1,5 m, D=23 m	85	28	56	35	9

Onderstaand zijn de resultaten voor de maatregelen bij Cluster Molenvenseweg Noord weergegeven:

- De effectiviteit van de maatregel “betonplaat” met een betonplaat van 0,5 m dikte, uitgedrukt in het percentage reductie neemt globaal af met toenemende afstand, behalve van een korte afstand waarin het versterking van de trillingsniveaus is opgemerkt voor de derde en vierde oostelijke sporen.
- De toepassing van de maatregel “betonplaat” onder de vier sporen is niet voldoende. Dit betekent dat een aanvullende maatregel in combinatie met de maatregel “betonplaat” moet worden toegepast om 100% reductie te krijgen.
- De toepassingen van de maatregel “betonplaat” voor sporen 3 en 4 leidt tot een versterking van de trillingsniveaus door de maatregel. en leidt dus niet tot een betere mitigatie dan de toepassing van de betonplaat op alleen de twee oostelijke sporen.

- Op basis van oriënterende berekeningen is vastgesteld dat een 10 m diepe diepwand de trillingsniveaus in de aardebaan situatie niet voldoende reduceert bij Cluster Isabellastraat Noord. Daarom zijn verdere analyses voor Cluster Molenvenseweg Noord uitgevoerd voor wanddieptes van 15 m en 20 m.
- De effectiviteit van de maatregel “OTC” varieert op basis van de verschillende afstanden en de diepte van de diepwand.
- In geen van de beschouwde gevallen is volledige mitigatie te realiseren.
- Bij de toepassing van de maatregel “OTC” zowel bij de bron als nabij de ontvanger is bij een aantal panden een extra reductie nodig. Dit betekent dat aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn in combinatie met de maatregel “OTC” om volledige reductie te verkrijgen.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Molenvenseweg Noord, worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Betonplaat voor sporen 1+2+3 met een diepwand van 20 m diepte ter plaatse van talud.
  - Maatregelen set 2: Betonplaat voor sporen 1+2+3 met een jet-groutwand van 23 m diepte t.p.v. talud.
- Het Cluster Molenvenseweg Noord loopt van “Loonsebaan 23” tot en met “Molenvenseweg 67”. Dit deel van de cluster loopt parallel aan het spoor en heeft een lengte van ongeveer 180 m. De lengte waarover maatregelen noodzakelijk zijn is circa 210 m. De multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Noord is weergegeven in Tabel 31.

Tabel 31 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Noord

Criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 3 sporen + 20 m diepe diepwand t.p.v. talud	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 3 sporen + 23 m diepe jet-groutwand t.p.v. talud
Effectiviteit [%]	58 %	58 %
Aantal panden gemitigeerd [-]	15 (van 26)	15 (van 26)
Additionele max reductie benodigd [%]	22	22
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 6.342.0000	€ 7.770.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,11	0,09

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Noord worden getrokken:

- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de beschouwde maatregelensets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Molenvenseweg Noord de benodigde mitigatie zodanig af neemt dat er geen bronmaatregelen meer noodzakelijk zijn en kan worden volstaan met een OTC. De maatregel voldoet echter niet op het aspect kostendoelmatigheid zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 32 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Molenvenseweg Noord (30% regel)

criterium	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand t.p.v. talud	Maatregelen set 2: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. talud
Effectiviteit [%]	100 %	100 %
Aantal panden gemitigeerd [-]	26 (van 26)	26 (van 26)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 3.759.000	€ 5.124.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,33	0,24

### 6.4.3 Cluster Molenvenseweg Zuid

#### Stap 1: globale afweging

Het Cluster Molenvenseweg Zuid omvat twee panden in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Voor dit cluster is een maximale reductie van circa 61% waarin de maatregel "OTC" scoort goed op het aspect effectiviteit en nader beschouwd. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet voorgesteld voor de clusters waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd.

#### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Molenvenseweg Zuid samengevat. Het Cluster Molenvenseweg Zuid omvat twee panden in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd.

Voor de maatregel "diepwand" in het geval van toekomstige verdiepte ligging situatie zijn de onderstaande gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij de plaats van de schermwand is ingepast in de lokale ruimtelijke situatie:

- Diepwand op ongeveer 8,5 m van het spoor (circa 5 m vanuit de wand van de bak).
- Diepwand op ongeveer 15 m van het spoor.
- Diepwand op ongeveer 13 m van het spoor.
- Diepwand op ongeveer 9 m van het spoor.

Onderstaand is het resultaat weergegeven voor de nadere verkenning van maatregelen voor de twee panden in Cluster Molenvenseweg Zuid:

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 33:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 33 hebben betrekking op het maatgevende pand "Molenvenseweg 65". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 33 Verkenning van maatregelen voor ligging Cluster Molenvenseweg Zuid

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC Diepwand t.p.v. 15 m van de bak D=15 m	61	29	32	50	1
OTC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	61	29	32	50	1
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van het spoor L=15 m	61	80	0	100	2
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	61	80	0	100	2

Zoals weergegeven in Tabel 33 wordt met de maatregel “diepwand” van 15 m diepte of “jet-groutwand” van 18 m diepte op 15 m afstand van het spoor, onvoldoende mitigatie bereikt. Echter, toepassing van dezelfde maatregel “diepwand” van 15 m diepte of “jet-groutwand” van 18 m diepte, maar dan op een afstand van 5 m van de bakwand, leidt tot volledige reductie voor de twee panden die liggen langs de verdiepte ligging.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Molenvenseweg Zuid, worden de onderstaande maatregelen sets voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 15 m diepte (op.5 m van de bak).
- Maatregel set 2: Jet-groutwand van 18 m diepte (op.5 m van de bak).

Het Cluster Molenvenseweg Zuid omvat de panden “Molenvenseweg 63 en 65”. Dit deel loopt parallel aan het spoor in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging situatie wordt gerealiseerd. Om bij de beide panden een optimaal effect van de maatregelen te realiseren dienen maatregelen over een lengte van ongeveer 55 meter te worden toegepast (zie bijlage D).

De multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Zuid is weergegeven in Tabel 34.

Tabel 34 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Molenvenseweg Zuid

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregelen set 2: 18 m jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	2 (van 2)	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 984.500	€ 1.342.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,10	0,07



De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Molenvenseweg Zuid te Vught worden getrokken:

- De maatregelen set “OTC” als diepwand met een diepte van 15 m of als jet-grout wand met een diepte van 18 m voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Molenvenseweg Zuid een circa 5 m kortere OTC adequaat is om de beoogde reductie te realiseren. De maatregel voldoet echter niet op het aspect kostendoelmatigheid zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 35 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Molenvenseweg Zuid (30% regel)

criterium	Maatregelen set 1: 10 m diepe diepwand op. 5 m van de bak	Maatregelen set 2: 13 m diepe jet-groutwand op. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	2 (van 2)	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 781.000	€ 1.078.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12	0,09

## 6.4.4 Cluster Pieter Bruegellaan

### Stap 1: globale afweging

Cluster Pieter Bruegellaan ligt in het gebied waarin zowel de aardebaan als de toekomstige verdiepte ligging worden gerealiseerd. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet voorgesteld voor de clusters waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Voor dit cluster is de maatregel “OTC” beschouwd.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Cluster Pieter Bruegellaan

Cluster Pieter Bruegellaan omvat de meeste panden in het gebied Vught (77 stuks met woningfunctie) die  $V_{max}$  gereduceerd moeten worden. De maximale reductiepercentage voor dit cluster is ongeveer 59% (een aantal panden hebben het maximale reductiepercentage en daarom de gereduceerde reductie  $V_{max}$  is alleen voor een voorbeeld weergegeven in Tabel 36).

In Tabel 36 is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Pieter Bruegellaan weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 36*

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 36 hebben betrekking op het maatgevende pand “Pieter Bruegellaan 12”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

*Tabel 36 Verkenning van maatregelen voor Cluster Pieter Bruegellaan*

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak L=15 m	59	29	30	52	40
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	59	29	30	52	40
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=20 m	59	29	30	52	40
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak L=23 m	59	29	30	52	40
OTC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=15 m	59	1	58	52	40
OTC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	59	1	58	52	40
OTC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=20 m	59	7	51	52	40
OTC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=23 m	59	7	51	52	40

In Cluster Pieter Bruegellaan, is er sprake van twee sporen (spoor 1 en spoor 4) op een aardebaan en 2 sporen in de verdiepte ligging. Dit effect is niet in onderlinge samenhang beschouwd, vooralsnog is gekeken naar de beide situaties afzonderlijk. Overigens is de verwachting dat het resultaat van een integrale effectanalyse beperkt is op de effectiviteit van een gecombineerde maatregelenset.

De trillingen als gevolg van treinpassages op het vierde westelijke spoor geven nog een overschrijding van maximaal 2% bij een klein aantal panden. Dit geringe effect zal bij de beschouwde maatregelenset naar verwachting voldoende worden gemitigeerd.

Onderstaand zijn het resultaat betreffende de maatregelen voor Cluster Pieter Bruegellaan:

- De effectiviteit van de maatregel “OTC” varieert op basis van de verschillende afstanden en de diepte van de diepwand.
- Tegenstelling tot bij de aardebaan situatie, een grotere diepte van de diepwand geen aanzienlijke toename op van de effectiviteit van de maatregel om de trillingsniveaus te reduceren. De oorzaak ligt in de aanwezigheid van de diepwand naast de diepwand van de bak constructie.
- In geen van de berekende gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

**Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Pieter Bruegellaan worden de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Een 20 m diepe diepwand (0,5 m dikte) op circa 5 m van de bak.
- Maatregelen set 2: Een 23 m diepe jet-groutwand op circa 5 m van de bak.

De Cluster Pieter Bruegellaan loopt van “Molenvenseweg 65” tot en met de “Rembrandtlaan 68”. Het grootste gedeelte van de huizen in dit cluster lopen parallel aan het spoor. Aan de zuidzijde van het cluster loopt de A65. Het cluster heeft een lengte van ongeveer 370 meter.

De lengte van de benodigde schermwand bedraagt circa 380 m.

De multicriteria analyse voor Cluster Pieter Bruegellaan is weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Pieter Bruegellaan

Criterion	Maatregelen set 1: diepwand 20 m diep op 5 m van de bak	Maatregelen set 2: jet-groutwand 23 m diep op 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	52%	52%
Aantal panden gemitigeerd [-]	40 (van 77)	40 (van 77)
Additionele max reductie benodigd [%]	30	30
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 8.208.000	€ 10.792.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,23	0,17

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Pieter Bruegellaan worden getrokken:

- Geen van de maatregelen sets voldoet op de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Pieter Bruegellaan de beschouwde OTC typen voor dit cluster bij deze doelwaarde adequaat zijn om de beoogde reductie te realiseren. De maatregel voldoet echter niet op het aspect kostendoelmatigheid zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 38 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Pieter Bruegellaan (30% regel)

criterium	Maatregelen set 1: diepwand 20 m diep op 5 m van de bak	Maatregelen set 2: jet-groutwand 23 m diep op 8 m uit spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	77 (van 77)	77 (van 77)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 8.208.000	€ 10.792.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,44	0,34

## 6.4.5 Cluster Rembrandterf

### Stap 1: globale afweging

De benodigde mitigatie voor dit cluster is 6%.

Voor het Cluster Rembrandterf, scoort de maatregel OTC positief. In de bakconstructie heeft de toepassing van de betonplaat als maatregel weinig invloed op de trillingsniveaus. Daarom is deze maatregel niet beschouwd.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Vught, Cluster Rembrandterf die ligt in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Cluster Rembrandterf omvat 5 panden, met totaal 4 wooneenheden waarin de maximale benodigde reductie 6% is.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 39:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 39 hebben betrekking op het maatgevende pand "Rembrandterf 1". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie Vmax" en "Gereduceerde Vmax" voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 39 Verkenning van maatregelen voor Cluster Rembrandterf

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Oppervlakte / aantal woningen gemitigeerd
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m <sup>2</sup> ] / [-]
OTC Diepwand op 5 m van de bak D=15 m	6	25	0	100	1635 / 1
OTC Jet-groutwand op 5 m van de bak D=18 m	6	25	0	100	1635 / 1
OTC Diepwand op. 13 m van het spoor D=15 m	6	12	0	100	1635 / 1
OTC Jet-groutwand op 13 m van het spoor D=18 m	6	12	0	100	1635 / 1

De volgende conclusie wordt op basis van de verkennende analyses getrokken:

- In alle beschouwde gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Rembrandterf worden de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 15 m diepte op. 5 m van de bak.
- Maatregelen set 2: Diepwand van 15 m diepte op 13 m van het spoor.
- Maatregelen set 3: Jet-groutwand van 18 m diepte op. 5 m van de bak.
- Maatregelen set 4: Jet-groutwand van 18 m diepte op 13 m van het spoor.

Het Cluster Rembrandterf omvat een tweetal panden met meerdere woningen. Aan de noordzijde wordt het cluster fysiek begrensd door de N65. Dit betekent dat het doorzetten van een OTC in langsricting van het spoor niet mogelijk is.

De benodigde lengte van de maatregel floating slab track is circa 90 m en de lengte van de maatregel OTC is circa 65 m. De multicriteria analyse voor Cluster Rembrandterf is weergegeven in Tabel 40.

Tabel 40 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Rembrandterf

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregelen set 2: 15 m diepe diepwand t.p.v. 13 m van het spoor	Maatregelen set 3: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak	Maatregelen set 4: 18 m diepe diepwand t.p.v. 13 m van het spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%	100%	100%
Aantal woningen gemittigeerd [-]	1 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)
Oppervlakte gemittigeerd [m <sup>2</sup> ]	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)	1635 (van 1635)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++	++
Kosten [€]	€ 1.163.500	€ 1.163.500	€ 1.586.000	€ 1.586.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,11	0,11	0,08	0,08

De volgende conclusies worden getrokken uit de multicriteria analyse voor Cluster Rembrandterf:

- Alle beschouwde maatregelsets resulteren in de beoogde mitigatie.
- Geen van de maatregelen sets voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van Vmax van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van Vper conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Rembrandterf deze benadering geen aanpassingen oplevert.

## 6.4.6 Cluster Rembrandtlaan

### Stap 1: globale afweging

Voor Cluster Rembrandtlaan wordt een algemene maatregel beschouwd, "OTC". Voor dit cluster, moet een van orde van 60% reductie wordt gerealiseerd. De afwegingspanden liggen ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Op basis van algemene kentallen wordt verwacht dat de maatregel "OTC" niet helemaal geschikt zijn voor volledige mitigatie. Daarnaast is de uitvoerbaarheid van de OTC met diepwand techniek problematisch omdat over een gedeelte van het cluster de afstand tussen hart spoor en de panden circa 14 m bedraagt, waarbij in deze strook ook de wand van de betonnen bak moet worden gerealiseerd.

Dit betekent dat alleen de OTC type jet-groutwand, die een kleinere werkruimte nodig heeft dan een diepwand, hier inpasbaar is. De inpasbaarheid van een diepwand wordt, vanwege de benodigde werkruimte, hier niet mogelijk geacht.



**Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor de panden Cluster Rembrandtlaan weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 41:*

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 41 hebben betrekking op het maatgevende pand “Rembrandtlaan 45”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

*Tabel 41 Verkenning van maatregelen voor Cluster Rembrandtlaan*

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=18 m	60	24	35	25	5
OTC Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak D=23 m	60	25	35	30	6
OTC Jet-groutwand t.p.v. 13 m van het spoor D=18 m	60	12	47	25	5
OTC Jet-groutwand t.p.v. 13 m van het spoor D=23 m	60	15	45	25	5

- In geen van de gevallen is volledige mitigatie te realiseren.

**Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Rembrandtlaan worden de onderstaande maatregelen set voorgesteld voor de verdiepte ligging situatie:

- Maatregelen set 1: Jet-groutwand van 23 m diep op 5 m van de bak.

De Cluster Rembrandtlaan omvat afwegingspanden in de Heikantstraat en de Rembrandtlaan. Het grootste gedeelte van de huizen ligt parallel aan het spoor. De lengte van de maatregelen is circa 175 m. De multicriteria analyse voor Cluster Rembrandtlaan is weergegeven in navolgende tabel.

**Tabel 42 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Rembrandtlaan**

criterium	Maatregelen set 1: 23 m jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	29%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 21)
Additionele max reductie benodigd [%]	35
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 4.970.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,06

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Rembrandtlaan worden getrokken:

- De maatregel set voldoet niet op de aspecten effectiviteit en kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Rembrandtlaan de doelwaarden worden bereikt met een circa 5 m kortere OTC met als gevolg een geringe toename van de kostendoelmatigheid, echter tot een waarde kleiner dan 1. Dit is in de onderstaande tabel weergegeven:

**Tabel 43 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Rembrandtlaan (30% regel)**

criterium	Maatregelen set 1: 18 m Jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	95%
Aantal panden gemitigeerd [-]	20 (van 21)
Additionele max reductie benodigd [%]	1
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 4.270.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,22

## 6.4.7 Cluster Helvoirtseweg

### Stap 1: globale afweging

Cluster Helvoirtseweg omvat een pand met een “wonen” functie aan de oostzijde van het spoor. De maximale benodigde reductie voor dit cluster is 1% van  $V_{max}$ . Voor Cluster Helvoirtseweg, zullen alle geselecteerde maatregelen voldoen op het aspect effectiviteit, omdat de benodigde reductie minder dan orde van 5% is. Echter, omdat de beschikbare ruimte tussen de tunnelbak en panden slechts 8 m is, is de uitvoerbaarheid van de OTC met diepwand en jet-grout techniek niet mogelijk.

Dit betekent dat geen van de beschikbare maatregelen hier toepasbaar is.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Deze stap blijft voor dit cluster achterwege bij gebrek aan inpasbare maatregelen.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Ook deze stap wordt niet doorlopen omdat er voor dit cluster geen maatregelen inpasbaar zijn.

## 6.4.8 Cluster Smidshof

### Stap 1: globale afweging

Voor het Cluster Smidshof, scoort de maatregel OTC positief. De benodigde mitigatie voor dit cluster is slechts 9%.

Alleen de maatregel OTC wordt verder uitgewerkt. Omdat de werkruimte circa 10 m is, is de maatregel OTC, type diepwand, niet uitvoerbaar en valt af.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand is het resultaat voor de nadere verkenning van oplossing OTC, type jet-groutwand uitgewerkt voor de panden in Vught, Cluster Smidshof dat ligt in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Cluster Smidshof omvat 47 wooneenheden waarin de maximale benodigde reductie 9% is.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 44:*

De waarden voor de “Max benodigde reductie  $V_{max}$ ” en “Gereduceerde  $V_{max}$ ” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 44 hebben betrekking op het maatgevende pand “Smidshof 1”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie  $V_{max}$ ” en “Gereduceerde  $V_{max}$ ” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een ander pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 44 Verkenning van maatregelen voor Cluster Smidshof

Maatregel	Max Benodigd reductie $V_{max}$	$V_{max}$ reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC Jet-groutwand op. 5 m van de bak D=18 m	9	27	0	100	47

Met de jet-groutwand is volledige mitigatie te realiseren.

**Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Smidshof wordt de onderstaande maatregelen set voor de verdiepte ligging situatie voorgesteld:

- Maatregelen set 1: Jet-groutwand van 18 m diepte op. 5 m van de bak.

Het Cluster Smidshof omvat de panden “Smidshof 1 tot en met 48”.

De benodigde lengte van bron en overdrachtsmaatregelen voor dit cluster is circa 130 meter.

De multicriteria analyse voor Cluster Smidshof is weergegeven in Tabel 45.

*Tabel 45 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Smidshof*

Criterium	Maatregelen set 1: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	47 (van 47)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	+
Uitvoerbaarheid [-]	+
Onderhoudbaarheid [-]	++
Robuustheid [-]	++
Kosten [€]	€ 3.172.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,70

De volgende conclusies worden getrokken uit de multicriteria analyse voor Cluster Smidshof:

- De beschouwde maatregelenset resulteert in de beoogde mitigatie.
- De beschouwde maatregelenset voldoet niet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Smidshof geen aanpassingen oplevert.

## 6.4.9 Cluster Stationsstraat

### **Stap 1: globale afweging**

Cluster Stationsstraat ligt aan de oostzijde van het spoor. Dit cluster ligt in het gebied waarin de toekomstige verdiepte ligging wordt gerealiseerd. Voor dit cluster is een maatregel, “OTC” beschouwd. Het beoogde reductiepercentage heeft betrekking een  $V_{max}$  reductie met een maximum reductie van ongeveer 30%.

### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Onderstaand zijn de resultaten voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in het Cluster Stationsstraat weergegeven.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 46:*

De waarden voor de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 46 hebben betrekking op het maatgevende pand “Stationsstraat 7”. De gepresenteerde waarde voor de “Max tekort reductie” is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde (“Max tekort reductie”) is meestal gelijk aan het verschil tussen de “Max benodigde reductie Vmax” en “Gereduceerde Vmax” voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

*Tabel 46 Verkenning van maatregelen voor Cluster Stationsstraat*

Maatregel	Max Benodigd reductie Vmax	Vmax reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Oppervlakte / aantal woningen gemitigeerd
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[m2] / [-]
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=15 m	30	23	7	87	334/12
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak L=18 m	30	23	7	87	334/12
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van het spoor D=20 m	30	28	2	93	334/13
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van het spoor D=23 m	30	28	2	93	334/13

- Met geen van de beschouwde maatregelen is volledige mitigatie te realiseren.

**Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Stationsstraat, zijn de onderstaande maatregel sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 15 m diepte op circa 5 m van de bak
- Maatregelen set 2: Jet-groutwand van 18 m diepte op circa 5 m van de bak
- Maatregelen set 3: Diepwand van 20 m diepte op circa 5 m van de bak
- Maatregelen set 4: Jet-groutwand van 23 m diepte op circa 5 m van de bak

Het Cluster Stationsstraat omvat panden met nummers 7 t/m 20A. De benodigde lengte van deoverdrachtsmaatregelen voor dit cluster is circa 160 meter.

De multicriteria analyse voor Cluster Stationsstraat is weergegeven in Tabel 47.

Tabel 47 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Stationsstraat

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand op 5 m van het de bak	Maatregelen set 2: 18 m diepe jet- groutwand op 5 m van de bak	Maatregelen set 3: 20 m diepe diepwand op 5 m van het de bak	Maatregelen set 4: 23 m diepe jet- groutwand op 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	87%	87%	93%	93%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	12 (van 14)	12 (van 14)	13 (van 14)	13 (van 14)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	334 (van 334)	334 (van 334)	334 (van 334)	334 (van 334)
Additionele max reductie benodigd [%]	7	7	2	2
Inpasbaarheid [-]	++	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++	++	++
Robuustheid [-]	++	++	++	++
Kosten [€]	€ 2.864.000	€ 3.904.000	€ 3.456.000	€ 4.544.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,20	0,15	0,18	0,14

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Stationsstraat worden getrokken:

- Geen van de maatregelen voldoet op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van V<sub>max</sub> van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van V<sub>per</sub> conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat voor het cluster Stationsstraat met een OTC volledige mitigatie te realiseren. Maar deze maatregel is niet kostendoelmatig zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 48 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Stationsstraat (30% regel)

Criterion	Maatregelen set 1: 15 m diepe diepwand op 5 m van het de bak	Maatregelen set 2: 18 m diepe jet-groutwand op 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal woningen gemitigeerd [-]	14 (van 14)	14 (van 14)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	334 (van 334)	334 (van 334)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 2.864.000	€ 3.904.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,24	0,17



## 6.4.10 Cluster Spoorlaan Noord

### Stap 1: globale afweging

Cluster Spoorlaan Noord ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van  $V_{per}$  ongeveer 19%. Opgemerkt wordt dat de maatregel "OTC" met ofwel diepwand of jet-grout techniek op basis van uitvoerbaarheid niet geschikt wordt geacht, in verband met onvoldoende werkruimte.

Op basis van deze reden is voor Cluster Spoorlaan Noord te Vught wordt geconcludeerd dat er geen maatregelen inpasbaar zijn, zodat de stappen 2 en 3 achterwege zijn gelaten. Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Spoorlaan Noord geen aanpassingen oplevert.

## 6.4.11 Cluster Spoorlaan Zuid

### Stap 1: globale afweging

Cluster Spoorlaan Zuid ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is sprake van zowel  $V_{max}$  als  $V_{per}$  problemen met de maximale benodigde reductie van  $V_{max}$  van ongeveer 26% en maximale  $V_{per}$  van ongeveer 7%. Voor Cluster Spoorlaan Zuid, is er voldoende ruimte beschikbaar voor het uitvoeren van een constructie met OTC tussen spoor en panden.

### Stap 2: Nadere verkenning van oplossingen

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in Cluster Spoorlaan Zuid weergegeven. Voor dit cluster zijn de resultaten van deze stap in de hierna weergegeven tabel gepresenteerd.

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 49:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom hebben betrekking op het maatgevende pand "Spoorlaan 35". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 49 Verkenning van maatregelen voor Cluster Spoorlaan Zuid

Maatregel	Max Benodigd reductie $V_{per}$	$V_{per}$ reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC diepwand D=15 m diep op 9 m van het spoor	26	27	0	100	6
OTC jet-groutwand D=18 m diep op 9 m van het spoor	26	27	0	100	6

Volledige mitigatie is te realiseren met de maatregel OTC, met zowel jet-grout van 18 m diep als diepwand techniek van 15 m diep.

**Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Spoorlaan Zuid zijn de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Jet-groutwand van 18 m diep op 9 m van het spoor.
- Maatregelen set 2: Diepwand van 15 m diep op 9 m van het spoor

De benodigde lengte van de maatregel floating slab track en de OTC is ongeveer 100 meter. De multicriteria analyse voor Cluster Spoorlaan is weergegeven in navolgende tabel.

Tabel 50. Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Spoorlaan Zuid

Criterion	Maatregel set 1: 18 m diepe jet-groutwand t.p.v. 9 m van het spoor	Maatregel set 2: 15 m diepe diepwand t.p.v. 9 m van het spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 6)	6 (van 6)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 2.440.000	€ 1.790.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12	0,16

De volgende conclusies betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Spoorlaan Zuid te Vught worden getrokken:

- Alle maatregelen sets voldoen op het aspecten effectiviteit.
- Geen van de maatregelen set voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts. Uit het overzicht blijkt dat voor ten behoeve van de effectiviteit de maatregel OTC kan worden uitgevoerd met een (5 m) minder diepe OTC. Maar deze maatregel is niet kostendoelmatig zoals in de onderstaande tabel weergegeven:

Tabel 51 Multi criteria analyse maatregelsets Cluster Spoorlaan Zuid (30% regel)

Criterion	Maatregel set 1: 13 m diepe jet-groutwand t.p.v. 9 m van het spoor	Maatregel set 2: 10 m diepe diepwand t.p.v. 9 m van het spoor
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	6 (van 6)	6 (van 6)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 1.960.000	€ 1.420.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,14	0,20

## 6.4.12 Cluster de Schakel

### **Stap 1: globale afweging**

Cluster De Schakel omvat een pand (De Schakel 2) met een winkelfunctie aan de oostzijde van het spoor. De maximale benodigde reductie voor dit cluster is 1% van  $V_{max}$ . Voor Cluster De Schakel, voldoen alle voorlopig geselecteerde kansrijke maatregelen ten aanzien van effectiviteit, omdat de benodigde reductie minder dan 5% is.

De gevel van het pand ligt op circa 10 m vanuit toekomstig hart spoor en circa 15 m vanuit hart bestaande spoor. Dit betekent dat het uitvoeren van de OTC met zowel diepwand als jet-grout techniek in een zeer beperkte werkruimte moet gebeuren, en waarschijnlijk alleen uitvoerbaar is vóór realisatie van de bakconstructie. Omdat dit naar verwachting niet realiseerbaar is wordt de optie OTC niet verder beschouwd.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat er voor dit cluster geen maatregelen mogelijk zijn.

De gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts levert op dat deze benadering voor het cluster De Schakel geen aanpassingen oplevert.

## 6.4.13 Combinatie clusters oostzijde

In de paragrafen 6.4.1 tot en met 6.4.12 is de maatregelenafweging voor de afzonderlijke clusters ten oosten van het emplacement station Vught weergegeven.

Een combinatie van de Clusters Isabellastraat en Molenvensweg Noord is beschouwd omdat de clusters aan elkaar grenzen en een zelfde spoor situatie betreffen. De totale lengte van het gecombineerde cluster is circa 380 m. Voor het gecombineerde cluster is de oplossing met een doorlopende OTC, gecombineerd met een betonplaat onder het oostelijk spoor (Cluster Isabellastraat) en 3 betonplaten ter hoogte van Cluster Molenvensweg Noord beoordeeld.

De totale investeringskosten bedragen bij toepassing van een diepwand € 10.606.000 en € 13.190.000 bij toepassing van een jet-groutwand. De kostendoelmatigheid is daarbij respectievelijk 0,14 en 0,11.

Dat betekent dat de kostendoelmatigheid door combinatie van de beide clusters niet wezenlijk toeneemt en kleiner dan 1 is.

Andere combinaties van clusters aan de oostzijde van het spoor zijn niet beschouwd, omdat deze nergens aangrenzend zijn en tot een lagere totale investering zullen leiden door de combinatie van de maatregelen.

## 6.4.14 Cluster Aart Heymlaan

### **Stap 1: globale afweging**

Voor Cluster Aart Heymlaan zijn twee algemene maatregelen, "OTC" en "betonplaat" beschouwd. De oorzaak is dat ter hoogte van de Cluster Aart Heymlaan uitsluitend spoor op een aardenbaan wordt gerealiseerd.

### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Onderstaand is het resultaat van de nadere verkenning van oplossingen voor Cluster Aart Heymlaan weergegeven. In dit cluster is sprake van een overschrijding van  $V_{per}$  bij een pand (tot ongeveer 23% benodigd reductiepercentage).

*Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 52:*

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van *Tabel 52* hebben betrekking op het maatgevende pand "Aart Heymlaan 1". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is.

Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 52 Verkenning van maatregelen voor Cluster Aart Heymlaan

Maatregel	Max Benodigd reductie Vper	Vper reductie	Max tekort reductie	Gemitigeerde afwegingspanden	Aantal gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
Betonplaat op spoor 1	23	17	5	0	0
OTC Diepwand t.p.v. talud L=15 m	23	-5	28	0	0
OTC jet-groutwand t.p.v. talud L=18 m	23	-5	28	0	0
OTC Diepwand t.p.v. talud L=20 m	23	7	15	0	0
OTC jet-groutwand t.p.v. talud L=23 m	23	7	15	0	0
OTC Diepwand t.p.v. kant weg L=15 m	23	28	0	100	1
OTC jet-groutwand t.p.v. kant weg L=18 m	23	28	0	100	1
OTC Diepwand t.p.v. kant weg L=20 m	23	35	0	100	1
OTC jet-groutwand t.p.v. kant weg L=23 m	23	35	0	100	1

Onderstaand zijn de conclusies voor de maatregelen bij Cluster Aart Heymlaan weergegeven:

- De toepassing van de maatregel “betonplaat” op de beide westelijke sporen levert geen aanvullende mitigatie op ten opzichte van de maatregel “betonplaat op spoor 1”. Dit is een gevolg van het feit dat de Vper overschrijding voornamelijk wordt bepaald door de treinpassages op spoor 1. Een aanvullende betonplaat onder spoor 2 levert dus relatief weinig bijdrage aan de Vper reductie.
- Bij de maatregel OTC van 20 m diepte diepwand en van 23 m diepte jet-groutwand ter plaatse van kant weg (op ongeveer 23 m van het spoor), is volledige mitigatie te realiseren.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Aart Heymlaan worden de onderstaande maatregelen sets beschouwd:

- Maatregelen set 1: 20 m diepte diepwand t.p.v. kant weg (ongeveer 23 m van het spoor).
- Maatregelen set 2: 23 m diepte jet-groutwand t.p.v. kant weg (ongeveer 23 m van het spoor).

Het Cluster Aart Heymlaan baksituatie omvat het pand Aert Heymlaan no 1/3. Dit pand ligt aan de westzijde van het spoor dat in een boog langs de panden heen loopt. De totale lengte langs het spoor is ongeveer 80 meter. Voor de lengte van de maatregelen is circa 120 m meegenomen.

De multicriteria analyse voor dit Cluster is weergegeven in Tabel 53.

Tabel 53 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aart Heymlaan

criterium	Maatregelen set 1: 20 m diepte diepwand	Maatregelen set 2: 23 m diepte jet-groutwand
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1 (van 1)	1 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	2.592.000	€ 3.408.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,02	0,01

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Aart Heymlaan te Vught wordt getrokken:

- De maatregel OTC voldoet op het aspect effectiviteit maar is niet kostendoelmatig.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van  $V_{max}$  van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van  $V_{per}$  conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Aart Heymlaan geen aanpassingen oplevert.

## 6.4.15 Cluster Van Miertstraat

### Stap 1: globale afweging

Cluster Van Miertstraat ligt ter hoogte van de toekomstige verdiepte ligging. Voor dit cluster is de maatregel, "OTC" beschouwd. Gezien het aantal panden (13 stuks) is toepassing van maatregelen bij de ontvanger niet meegenomen. Het beoogde reductiepercentage heeft betrekking op een  $V_{per}$  reductie met een maximum van ongeveer 25%.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen

Onderstaand zijn de resultaten voor de nadere verkenning van oplossingen voor de panden in het Cluster Van Miertstraat weergegeven.

Toelichting op de gepresenteerde getallen in Tabel 54:

De waarden voor de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " weergegeven in de tweede en derde kolom van Tabel 54 hebben betrekking op het maatgevende pand "Van Miertstraat 1". De gepresenteerde waarde voor de "Max tekort reductie" is het maximum per cluster. Daarbij wordt naar alle individuele panden gekeken. Deze waarde ("Max tekort reductie") is meestal gelijk aan het verschil tussen de "Max benodigde reductie  $V_{max}$ " en "Gereduceerde  $V_{max}$ " voor het maatgevende pand, maar kan ook hoger zijn als het tekort aan reductie bij een andere pand hoger is. Het percentage gemitigeerde afwegingspanden is gebaseerd op het aantal panden voor het cluster dat gemitigeerd is door de maatregel en het totale aantal panden in het cluster.

Tabel 54 Verkenning van maatregelen voor Cluster Van Mierstraat

Maatregel	Max Benodigd	$V_{per}$ reductie	Max tekort	Gemitigeerde	Aantal
-----------	--------------	--------------------	------------	--------------	--------

	reductie Vper		reductie	afwegingspanden	gemitigeerde panden
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
OTC Diepwand t.p.v. 5 m van de bak D=15 m	25	27	0	100	13
OTC jet-groutwand t.p.v. 5 m van de bak L=18 m	25	27	0	100	13
OTC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=15 m	25	11	14	30	4
OTC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=18 m	25	11	14	30	4
OTC Diepwand t.p.v. 15 m van het spoor D=20 m	25	15	10	69	9
OTC jet-groutwand t.p.v. 15 m van het spoor D=23 m	25	15	10	69	9

- Met de maatregel OTC, in het geval van een afstand van 5 m van de bak, is volledige mitigatie te realiseren.

### **Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets**

Voor Cluster Van Miertstraat, zijn de onderstaande maatregelen sets voor de verdiepte ligging situatie beschouwd:

- Maatregelen set 1: Diepwand van 15 m diepte op circa 5 m van de bak
- Maatregelen set 2: Jet-groutwand van 18 m diepte op circa 5 m van de bak

Het Cluster Van Miertstraat omvat panden met nummers 1 t/m 12. De benodigde lengte van maatregelen in de overdracht is circa 170 m.

De multicriteria analyse voor Cluster van Miertstraat is weergegeven in Tabel 55.



Tabel 55 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Miertstraat

criterium	Maatregelen set 1: 15 m diepte diepwand op 5 m van het de bak	Maatregelen set 2: 18 m diepte jet-groutwand op 5 m van de bak
Effectiviteit [%]	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	13 (van 13)	13 (van 13)
Additionele max reductie benodigd [%]	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 3.043.000	€ 4.148.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,20	0.15

De volgende conclusie betreffende de multicriteria analyse voor Cluster Van Miertstraat worden getrokken:

- Beide maatregelen sets OTC voldoen op het aspect effectiviteit.
- Geen van de maatregelen voldoet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G. In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van Vmax van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van Vper conform Bts.

Uit het overzicht blijkt dat deze benadering voor het cluster Van Miertstraat geen aanpassingen oplevert.

#### 6.4.16 Combinatie clusters westzijde

De beide clusters ten westen van het spoor liggen ver uiteen. Dat betekent dat een analyse van de combinatie geen meerwaarde heeft.

#### 6.4.17 Combinatie clusters oost- en westzijde

Een combinatie van maatregelen voor clusters aan oost- en westzijde is alleen ter plaatse van de clusters Stationsstraat en Van Miertstraat aan de orde. In alle andere gevallen zijn de clusters ten oosten van het spoor gesitueerd. Op de genoemde locatie Stationsstraat/Van Miertsstraat zijn overdrachtsmaatregelen voor de afzonderlijke clusters afgewogen. Deze maatregelen hebben geen mitigerend effect aan de andere zijde van het spoor, zodat een combinatie geen meerwaarde oplevert voor de doelmatigheidsafweging.

### 6.5 Samenvattende maatregelenafweging plansituatie

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt, is de volgende samenvattende beoordeling voor het projectgebied Vught opgesteld. Deze is gemaakt op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitende de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid.

Het overzicht in Tabel 56 geeft het volgende weer: Voor de alle clusters zijn de mogelijke en daarbij effectieve maatregelensets niet kostendoelmatig. Een beschouwing op basis van de 30% benadering resulteert in dezelfde conclusie.

Tabel 56 Samenvatting multi criteria analyse maatregelsets Vught

No	Cluster	Maatregelset	Effectiviteit (%)	Kosten-doelmatigheid (-)
1	Isabellastraat	Betonplaat voor oostelijk spoor + diepwand	100	0,18
2	Molenvenseweg Noord	Betonplaat voor 3 sporen + 20 m diepe diepwand t.p.v. talud	58	0,11
3	Molenvenseweg Zuid	15 m diepwand t.p.v. 5 m van de bak	100	0,08
4	Pieter Bruegellaan	20 m diepe diepwand op 8 m uit het spoor	52	0,23
5	Rembrandterf	15 m diepe diepwand op 5 m van de bak	100	0,11
		15 m diepe diepwand op 13 m van het spoor	100	0,11
6	Rembrandtlaan	23 m jet-groutwand	29	0,06
7	Helvoirtseweg	10 m diepe diepwand op 5 m van de bak	100	0,26
8	Smidshof	15 m diepe diepwand op 5 m van de bak	100	0,95
9	Stationsstraat	20 m diepe diepwand op 5 m van de bak	93	0,18
10	Spoorlaan Noord	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
11	Spoorlaan Zuid	15 m diepte diepwand	100	0,16
12	De Schakel	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
13	Aart Heymlaan	20 m diepe diepwand op 23 m van het spoor	100	0,02
14	Van Miertstraat	15 m diepe diepwand op 5 m van de bak	100	0,20
	Combinatie van Isabellastraat/ Molenvenseweg Noord	betonplaat + OTCwand met diepwand techniek	74	0,14

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

## 6.6 Invloed op overige omgevingsfactoren

### 6.6.1 Laagfrequent geluid

Voor laagfrequent geluid zijn de trillingen die de panden bereiken in het frequentiedomein van de 63 en 125 Hz octaafband maatgevend.

In het prognosemodel, zie ref [2], is gebruik gemaakt van de resultaten van praktijkmetingen in de verdiepte ligging Nijverdalen. Op basis van deze metingen is voor het frequentiedomein van 63Hz en hoger een invoegverlies op de bronsterkte toegepast. In de verdiepte ligging Nijverdalen is in de spoorconstructie geen ballastmat toegepast. In de verdiepte ligging Vught is de verwachting dat wel een ballastmat zal worden toegepast. De ballastmat zal een mitigerende werking hebben waardoor de bronsterkte van de trillingen wordt gereduceerd alvorens deze naar de omgeving kan afstralen. Dit betekent dat met het toegepaste prognosemodel voor laagfrequent geluid een overschatting van de omgevingsbeïnvloeding is bepaald.

Op basis van literatuur (ref [6]) is vastgesteld dat de maatregel "Ballast mat" effectief is voor frequenties boven 40 Hz. Daarbij treden in het frequentiebereik van 63 tot 125 Hz reducties op in de orde van tenminste 14 dB (afname trillingssterkte circa 80%).

Zoals beschreven in ref [2] is, op basis van de metingen in Nijverdal, afgeleid dat er in Vught in woningen op 15 m afstand tot het spoor rekeningen gehouden dient te worden met een overschrijding van de grenswaarde voor laagfrequent geluid van circa 16 dB in de 63 Hz band. Voor woningen op 35 m afstand bedraagt deze overschrijding naar verwachting nog tenminste 10 dB. Het gebied waarin overschrijding werd verwacht is daarbij vastgesteld op 60 m vanuit het spoor.

Op basis van ref [6] kan worden aangenomen dat bij toepassing spoor in ballast op ballastmatten in de verdiepte ligging er voor frequenties boven 63 Hz, een reductie van de trillingssterkte van gemiddeld 14 dB (circa 80%) optreedt. Wordt deze afname verwerkt in de prognoses voor Vught, dan volgt hieruit dat het invloedsgebied waarin een overschrijding van de grenswaarden voor laagfrequent geluid optreedt, afneemt tot een gebied tot 25 m vanuit het spoor. Deze afname heeft tot gevolg dat het aantal woningen waarin naar verwachting deze overschrijding optreedt afneemt van 439 woningen naar 141 woningen.

Geen van de toepasbare maatregelen voor trillingsmitigatie is geschikt om een afname in het frequentiedomein van laagfrequent geluid te realiseren.

## 6.6.2 Geluid

Bij de maatregelen die buiten het spoor zouden worden getroffen (OTC-diepwand) is er sprake van een oplossing die geen invloed heeft op de geluidsproductieniveaus van het spoor.

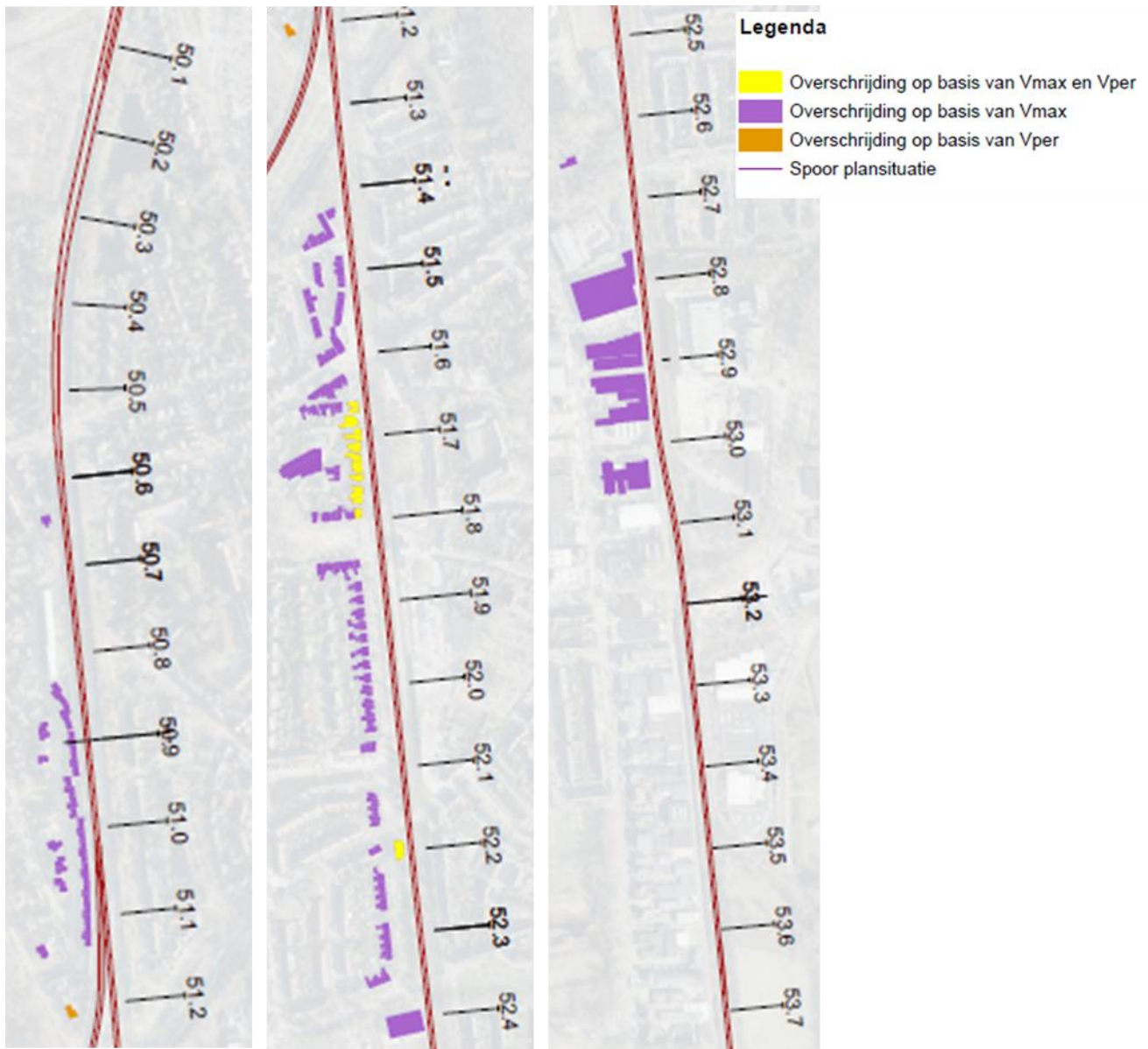
Ook bij de toepassing van spoor in ballast op een betonplaat is er geen toename van de geluidsniveaus te verwachten.

Er zijn namelijk verschillende soorten "Slab track". Het extra geluidseffect wordt met name veroorzaakt doordat er een minder "vaste" verbinding is/ontbreekt met een dwarsligger, waardoor er minder demping aanwezig is (dus meer afstraling). Daarnaast ontbreekt het absorberende effect van ballast, met als gevolg dat door de extra reflecties van de harde bodem (in plaats van het absorberende ballast) er meer geluid de tunnelbak in Vught uit zal komen.

## 7 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT TIJDELIJKE SITUATIE

### 7.1 Knelpunten analyse

Voor de tijdelijke situatie, waarbij er een dubbel spoor ten westen wordt gelegd van de bestaande sporen is een vergelijkbare maatregelafweging uitgevoerd als voor de planfase. Aangezien er voor dergelijke langdurige (meerdere jaren) tijdelijke situaties geen specifieke richtlijnen zijn opgesteld, is hiervoor dezelfde aanpak gevolgd als voor de plansituatie. In de onderstaande figuur zijn de afwegingspanden weergegeven.



Figuur 14 Overzicht afwegingspanden Vught, Tijdelijke situatie

In de tijdelijke situatie geldt dat:

- Alleen aan de westzijde een reductie benodigd is. Ter plaatse van de cluster Helvoirtseweg is de hoogste reductie benodigd van 60 tot 90%.
- De trillingskarakteristiek  $v_{max}B_t$ s bepalend is voor de maatgevende reductie.

## 7.2 Clustering van afwegingspanden

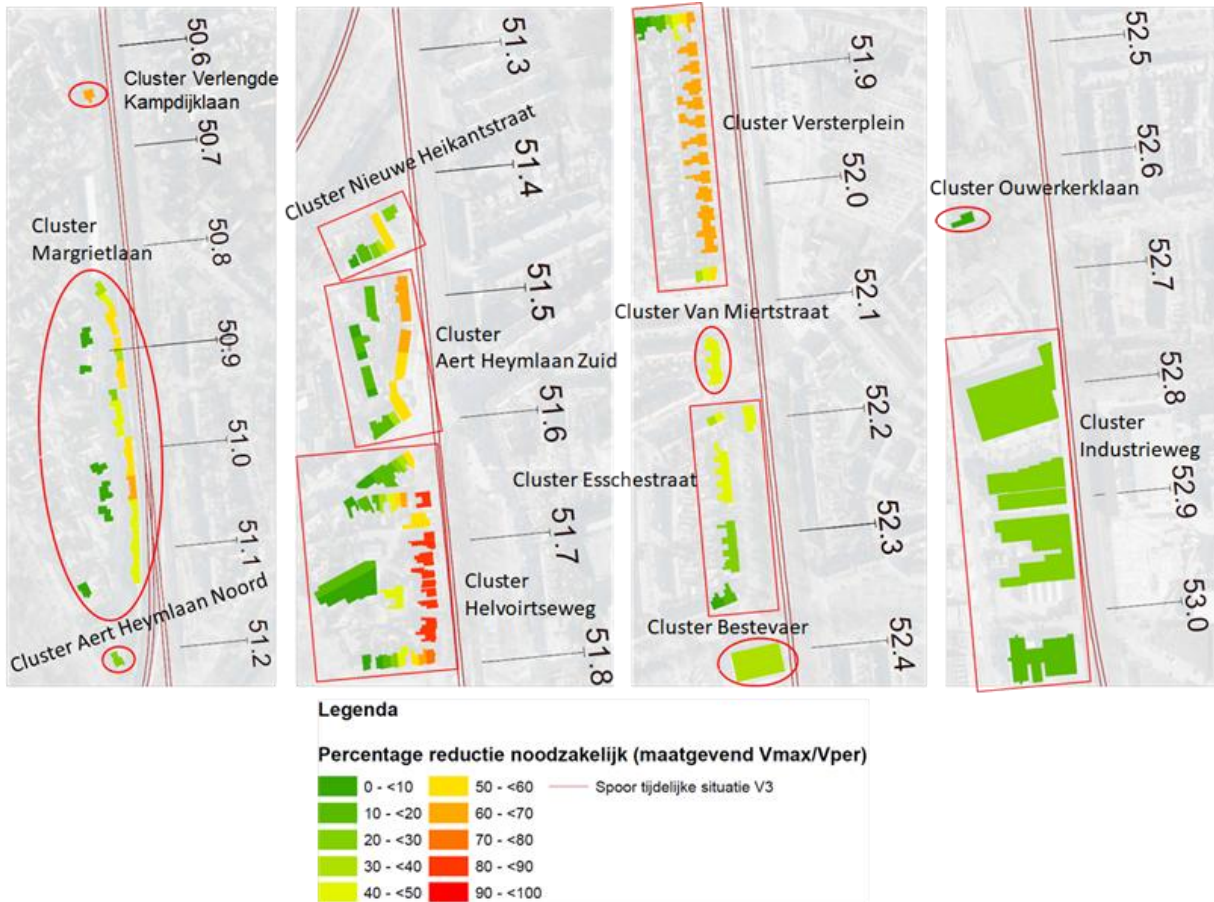
Voor de tijdelijke situatie zijn de afwegingspanden in het gebied Vught verdeeld in 12 clusters. De methodiek om tot deze clusters te komen is vergelijkbaar met de methode die voor de plansituatie is gehanteerd. De clusters komen echter niet overeen met de clusters die in de plansituatie zijn benoemd.

De volgende clusters worden onderscheiden:

Tabel 57 Beschrijving clusters Vught Tijdelijke situatie

Nr	Benaming	Omschrijving	Beschrijving tijdelijk situatie
1	Cluster Verlengde Kampdijklaan	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 50,65)	Dit cluster bestaat uit 1 woning die op korte afstand van het spoor staat (orde 12 m).
2	Cluster Margrietlaan	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 50,84 tot en met km 51,14)	Dit cluster bestaat voornamelijk uit panden aan de Margrietlaan en loopt parallel aan het spoor. De minimale ruimte tussen de huizen en het spoor is circa 11 m.
3	Cluster Aart Heymlaan Noord	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 51,20)	Dit cluster bestaat uit 1 woning. De lengte van het huis in het verloop van het spoor is 17 meter.
4	Cluster Nieuwe Heikantstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 51,43 tot en met km 51,47)	Dit cluster omvat uit woningen waarbij een gedeelte bestaat uit woningblokken haaks op het spoor. De kortste afstand tussen woning en tijdelijk spoor is circa 11 m.
5	Cluster Aert Heymlaan Zuid	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 51,48 tot en met km 51,60)	Dit cluster bestaat uit 3 blokken woningen.
6	Cluster Helvoirtseweg	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 51,63 tot en met km 51,79)	In dit cluster staan alle huizen haaks op het spoor. Echter alle op nagenoeg dezelfde afstand ten opzichte van het spoor.
7	Cluster Versterplein	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 51,85 tot en met km 52,07)	Dit cluster bestaat uit een aantal woonhuizen die een blok vormen haaks op het spoortracé.
8	Cluster Van Miertstraat	De panden aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 52,13 tot en met km 52,16)	Dit cluster bestaat uit een blok woonhuizen dat parallel staat aan het spoor.
9	Cluster Esschestraat	Woningen aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 52,20 tot en met km 52,35)	Dit cluster bevat 4 blokken huizen waarvan 2 blokken parallel lopen aan het spoor en 2 blokken haaks op de rijrichting van het spoor zijn gebouwd.
10	Cluster Besteveer	Woning aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 52,41)	Dit cluster is een flatgebouw met 11 wooneenheden.
11	Cluster Ouwkerklaan	Woning aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 52,65)	Dit cluster is 1 pand.
12	Cluster Industrierweg	Woningen aan de westzijde van het spoor (spoormetering km 52,81 tot en met km 53,04)	Dit cluster bestaat uit een aantal grote bedrijfspanden inclusief kantorenfuncties.

De ligging van de clusters voor de tijdelijke situatie is weergegeven in de overzichtskaart in Figuur 7-1.



Figuur 15 Overzicht clusters Vught, Tijdelijke situatie

In Bijlage F zijn detailkaarten van de clusters weergegeven.

In Tabel 58 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (Vmax en Vper) weergegeven.



Tabel 58 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging tijdelijke situatie

Nr.	Locatie Vught	Aantal afwegingspanden/ wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m <sup>2</sup> )	Vloeroppervlakte per categorie (m <sup>2</sup> )	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Verlengde Kampdijklaan	1/1	N.v.t.	N.v.t.	66%	0%
2	Cluster Margrietlaan	32/32	N.v.t.	N.v.t.	61%	0%
3	Cluster Aart Heymlaan Noord	1/1	N.v.t.	N.v.t.	0%	26%
4	Cluster Nieuwe Heikantstraat	7/7	N.v.t.	N.v.t.	57%	0%
5	Cluster Aert Heymlaan Zuid	29/28	208	Winkelfunctie: 208	68%	0%
6	Cluster Helvoirtseweg	45/40	1615	Bijeenkomstfunctie: 1513 Kantoorfunctie: 52 Winkelfunctie: 50	86%	47%
7	Cluster Versterplein	35/34	14	Kantoorfunctie: 14	69%	0%
8	Cluster Van Miertstraat	7/7	N.v.t.	N.v.t.	48%	0%
9	Cluster Esschestraat	25/24	203	Bijeenkomstfunctie: 203	45%	31%
10	Cluster Bestevaer	11/0	1000	Kantoorfunctie: 835 Winkelfunctie: 165	31%	0%
11	Cluster Ouwkerklaan	1/1	N.v.t.	N.v.t.	4%	0%
12	Cluster Industrieweg	33/1	11579	Kantoorfunctie: 5384 Industriefunctie: 5312 Winkelfunctie: 507 Gezondheidszorg functie: 115 Sportfunctie: 261	29%	0%

### 7.3 Selectie van effectieve maatregelen

Uitgangspunt in de analyse is dat de volgende maatregelen voor de tijdelijke situatie in het ontwerp, gebruik en het onderhoud van de tijdelijke sporen worden toegepast:

- De rijsnelheid in de tijdelijke situatie is voor alle treinen en op beide sporen gelimiteerd tot 80 km/uur.
- Ter plaatse van de overgang van aardebaan naar (tijdelijke) kunstwerken worden overgangsconstructies toegepast.
- Er wordt waar mogelijk voegloos spoor toegepast.
- Onderhoud aan de baan en spoor in de tijdelijke situatie wordt overeenkomstig de gangbare procedures uitgevoerd. Dit betekent dat de kwaliteit van baan en spoorligging op identieke wijze wordt geborgd als bij permanent spoor.

Om in de tijdelijke situatie voldoende mitigatie te realiseren zijn de volgende maatregelen sets beschouwd:

- Betonplaat onder de beide tijdelijke sporen.
- Betonplaat onder de beide sporen, in combinatie met een OTC met diepwand van 15 m diepte of jet-groutwand van 18 m diepte.
- Betonplaat onder de beide sporen, in combinatie met een OTC met diepwand van 20 m diepte of jet-groutwand van 23 m diepte.
- Een OTC, type diepwand van 15 m diepte of jet-groutwand van 18 m diepte.
- Een OTC, type diepwand van 20 m diepte of jet-groutwand van 23 m diepte.

Het toepassen van maatregelen bij de ontvanger wordt, gezien de geringe effectiviteit van deze maatregel in relatie tot de beoogde reductie, niet beschouwd.

Per cluster is, op basis van de benodigde reductie, maximaal een drietal maatregelsets bepaald uit bovenstaande 5 sets. De effectiviteit van de beschouwde maatregelen is ontleend aan de voor deze maatregelen gehanteerde uitgangspunten en eventueel uitgevoerde modelberekeningen voor de beschouwde situaties in de plansituatie.

## 7.4 Doelmatigheidsafweging

In de onderstaande tabellen zijn de resultaten van de multicriteria analyses per cluster in de tijdelijke situatie weergegeven.

### 7.4.1 Cluster Verlengde Kampdijklaan

De ruimte tussen woning en as tijdelijk spoor bedraagt circa 12 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een diepwand, in verband met de benodigde werkruimte, bij voorkeur voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam dient te gebeuren. Vanwege de beschikbare werkruimte wordt alleen de jet-groutwand beschouwd.

De toepassing van de maatregel betonplaat leidt niet tot voldoende effectiviteit voor dit pand en is daarom niet meegenomen.

De lengte van de maatregel OTC in dit cluster is aangenomen op circa 40 m.

Tabel 59 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Verlengde Kampdijklaan

criterium	Maatregel set 1: 18 m diepe jet-groutwand	Maatregel set 2: 23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0%	0%
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 1)	0 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	60%	39%
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	+	+
Onderhoudbaarheid [-]	++	++
Robuustheid [-]	++	++
Kosten [€]	€ 976.000	€ 1.136.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,00

- Geen van de maatregel sets voldoet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

## 7.4.2 Cluster Margrietlaan

De ruimte tussen het pand en as tijdelijk spoor bedraagt lokaal circa 8 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een OTC zowel met diepwand als jet-groutwand, in verband met de benodigde werkruimte, bij voorkeur voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam dient te gebeuren en om die reden niet wordt meegenomen. De lengte waarover de maatregelen moeten worden toegepast is circa 380 m.

Tabel 60 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Margrietlaan

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	25%
Aantal panden gemitigeerd [-]	8 (van 32)
Additionele max reductie benodigd [%]	57
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 3.724.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,10

- De beschouwde maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

## 7.4.3 Cluster Aart Heym laan Noord

De ruimte tussen woning en as tijdelijk spoor bedraagt circa 21 m en is voldoende om de maatregel "OTC" uit te voeren. Daarom, de maatregel OTC met zowel diepwand als jet-grout techniek is beschouwd. De benodigde lengte van de maatregelen is circa 50 m.

Tabel 61 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aart Heym laan Noord

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 3: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0%	100%	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	0 (van 1)	1 (van 1)	1 (van 1)
Additionele max reductie benodigd [%]	16	0	0
Inpasbaarheid [-]	++	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+	+
Robuustheid [-]	+	+	+
Kosten [€]	€ 490.000	€ 1.570.000	€ 1.910.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,03	0,02

- De maatregelen sets 2 en 3 voldoen op het aspect effectiviteit en scoort positief op inpasbaarheid en uitvoerbaarheid.
- Geen van de maatregelen sets is kostendoelmatig.

#### 7.4.4 Cluster Nieuwe Heikantstraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 12 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een diepwand, in verband met de benodigde werkruimte, bij voorkeur voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam dient te gebeuren. Op basis hiervan, is een OTC met jet-grout techniek voorgesteld.

De lengte van het traject van de maatregelen is circa 80 m.

Tabel 62 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Nieuwe Heikantstraat

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	29%	57%
Aantal panden gemitteld [-]	2 (van 7)	4 (van 7)
Additionele max reductie benodigd [%]	45	28
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 784.000	€ 3.056.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,12	0,06

- Geen van de maatregelen sets voldoen op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.5 Cluster Aert Heymlaan Zuid

De ruimte tussen panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 7 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een OTC met zowel diepwand of jet-grout techniek niet realiseerbaar is na de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 140 m.

Tabel 63 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Aert Heymlaan Zuid

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	24%
Aantal panden gemitigeerd [-]	7 (van 28)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	0 (van 208)
Additionele max reductie benodigd [%]	64
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.372.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,24

- De maatregel voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.6 Cluster Helvoirtseweg

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 8 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een OTC met zowel diepwand als jet-grout techniek niet realiseerbaar is aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 200 m.

Tabel 64 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Helvoirtseweg

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	24%
Aantal panden gemitigeerd [-]	8 (van 40)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	1180 (van 1615)
Additionele max reductie benodigd [%]	92
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.960.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,22

- De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.7 Cluster Versterplein

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 25 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van een OTC- wand op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. De lengte van de maatregelen is circa 270 m.

Tabel 65 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Versterplein

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	15%	15%
Aantal panden gemittigeerd [-]	5 (van 34)	5 (van 34)
Oppervlakte gemittigeerd [m <sup>2</sup> ]	0 (van 14)	0 (van 14)
Additionele max reductie benodigd [%]	26	26
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 8.478.000	€ 10.314.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,03	0,02

- De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.8 Cluster Van Miertstraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 30 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van een OTC op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. De lengte van de maatregelen is circa 60 m.

Tabel 66 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Miertstraat

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen +20 m diepe diepwand	Maatregelen set 2: Betonplaat voor 2 sporen +23 m diepe jet-groutwand
Effectiviteit [%]	0%	0%
Aantal panden gemittigeerd [-]	0 (van 7)	0 (van 7)
Additionele max reductie benodigd [%]	19	19
Inpasbaarheid [-]	++	++
Uitvoerbaarheid [-]	++	++
Onderhoudbaarheid [-]	+	+
Robuustheid [-]	+	+
Kosten [€]	€ 1.884.000	€ 2.292.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,00	0,00

- De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.9 Cluster Esschestraat

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt minimaal circa 33 m. Dit betekent dat de uitvoerbaarheid van de wand op basis van beschikbare werkruimte mogelijk is. Echter, de toepassing van de OTC in deze locatie is minder effectief dan de betonplaat. Daarom wordt alleen de maatregel betonplaat hier beschouwd. De lengte van de maatregelen is circa 200 m.

Tabel 67 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Eschestraat

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	52%
Aantal panden gemitigeerd [-]	13 (van 24)
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	0 (van 203)
Additionele max reductie benodigd [%]	23
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 1.960.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,31

- De maatregelen set voldoet niet op het aspect effectiviteit en kostendoelmatigheid.

### 7.4.10 Cluster Besteveer

De ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 5 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een OTC met zowel diepwand als jet-groutwand niet realiseerbaar is ook niet voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. De lengte van de maatregelen is circa 60 m.

Tabel 68 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Besteveer

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	1000 (van 1000)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	--
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 588.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08

- De maatregelen set voldoet op de aspect effectiviteit, maar niet op de aspect kostendoelmatigheid.



### 7.4.11 Cluster Ouwerkerklaan

Het pand in dit cluster grenst aan de begraafplaats, die aan de andere zijde tot aan het tijdelijke spoor doorloopt. Om die reden is geen overdracht maatregel inpasbaar en uitvoerbaar en wordt uitsluitend de maatregelset betonplaat onder 2 sporen beschouwd. De lengte van de maatregelen is circa 60 m.

Tabel 69 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Ouwerkerklaan

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 588,000
Kosten doelmatigheid [-]	0,08

- De beschouwde maatregelen set voldoet op het aspect effectiviteit maar is niet kostendoelmatig.

### 7.4.12 Cluster Industrierweg

De minimale ruimte tussen de panden en as tijdelijk spoor bedraagt circa 6 m. Dit betekent dat de eventuele uitvoering van een OTC met zowel diepwand als jet-groutwand niet realiseerbaar is voorafgaande aan de aanleg van het tijdelijk baanlichaam. Derhalve is alleen de maatregel "betonplaat" beschouwd. De lengte van de maatregelen is circa 365 m.

Tabel 70 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Industrierweg

criterium	Maatregelen set 1: Betonplaat voor 2 sporen
Effectiviteit [%]	100%
Aantal panden gemitigeerd [-]	1
Oppervlakte gemitigeerd [m <sup>2</sup> ]	11579
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	--
Onderhoudbaarheid [-]	+
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 3.577.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,10

- De maatregelen set voldoet niet op de aspect kostendoelmatigheid, maar voldoet wel op het aspect effectiviteit.

## 7.5 Samenvattende maatregelenafweging

Op basis van de afweging die per cluster is gemaakt, is de volgende samenvattende beoordeling gemaakt voor de tijdelijke situatie in Vught. Deze is gemaakt op basis van de beoordeling op effectiviteit en kostendoelmatigheid van maatregelen en maatregelen-sets die op de overige in beschouwing genomen aspecten positief scoren. Indien meerdere maatregelen of -sets effectief zijn, maar geen van de sets een kostendoelmatigheid groter dan 1 heeft, wordt uitsluitende de maatregel(set) vermeld met de hoogste kostendoelmatigheid. Indien er geen maatregelen zijn vastgesteld waarmee enige mate van effectiviteit wordt bereikt is geen maatregel beschouwd.

Tablet 71 Samenvatting van de multi criteria analyse maatregelsets

No	Cluster	Maatregelset	Effectiviteit (%)	Kosten-doelmatigheid (-)
1	Verlengde Kamperdijklaan	-	-	-
2	Margrietlaan	Betonplaat onder 2 sporen	25	0,10
3	Aart Heymlaan Noord	Betonplaat voor 2 sporen+ OTC	100	0,03
4	Nieuwe Heikantstraat	Betonplaat voor 2 sporen + jet-groutwand	57	0,06
5	Aert Heymlaan Zuid	Betonplaat voor 2 sporen	24	0,24
6	Helvoirtseweg	Betonplaat voor 2 sporen	24	0,22
7	Versterplein	Betonplaat voor 2 sporen + diepwand	15	0,03
8	Van Miertstraat	-	-	-
9	Esschestraat	Betonplaat voor 2 sporen	52	0,31
10	Bestevaer	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,08
11	Ouwerkerklaan	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,08
12	Industrieweg	Betonplaat voor 2 sporen	100	0,10

Uit de resultaten van de beschouwde varianten volgt dat:

- Alleen bij de clusters Aert Heymlaan, Bestevaer, Ouwerkerklaan en Industrieweg is een maatregelen set denkbaar die voldoende effectiviteit heeft ten aanzien van trillingsmitigatie. Voor de andere clusters is geen realistische en effectieve maatregelen set aan te geven.
- De inpassing van een OTC tussen het spoor en de afwegingspanden, die alle ten westen van het spoor liggen, zal op korte afstand van het spoor moeten gebeuren. Als gevolg van de korte afstand tot de bron zal de OTC in die situatie bij een groot aantal afwegingspanden niet tot mitigatie leiden. Bovendien is de uitvoerbaarheid vanuit het oogpunt van beperkte werkbreedte bij een aantal clusters een reden waarom deze maatregel af dient te vallen.
- In alle beschouwde gevallen is de kostendoelmatigheid onvoldoende.

De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor geen van de clusters een maatregelset is die voldoet aan de gestelde eisen in het kader van de doelmatigheidsafweging. Dit is samengevat in bijlage G.

In deze bijlage is tevens een samenvatting opgenomen van de gevoeligheidsanalyse waarin het gevolg is onderzocht van een maatregelenafweging waarbij maatregelen worden afgewogen die resulteren in een toename van Vmax van hoogstens 30%, in combinatie met de toetsing van Vper conform Bts.

Zoals uit het overzicht blijkt levert deze aanpak een afname op van de benodigde mitigatie bij negen clusters. Daarbij is bij het cluster Verlengde Kampdijklaan geen mitigatie meer vereist. Bij de overige clusters waar het percentage benodigde mitigatie is afgenomen, resulteert dit niet in een andere afweging op basis van het aspect kostendoelmatigheid zoals in bijlage G is weergegeven.

## 8 RESULTATEN ONDERZOEK VUGHT - BOXTEL

### 8.1 Knelpunten analyse

In Figuur 16 zijn de afwegingspanden weergegeven met een overschrijding van de toetswaarden van  $v_{max}$  en  $v_{per}$ , zoals vastgesteld in ref [2].



Figuur 16 Overzicht afwegingspanden Vught-Boxtel Plansituatie

Er is in de plansituatie geen sprake van een overschrijding van de interventiewaarde  $v_{maxBts} > 3,2$ . Wel dient conform de Bts een doelmatigheidsafweging van maatregelen te worden uitgevoerd.

Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Bij 20 panden wordt de Bts overschreden voor  $v_{per}$  in de plansituatie.
- Voor de  $v_{maxBts}$  is geen reductie benodigd in het beschouwde gebied.
- Met name aan de oostzijde (18 van de 20 panden in bebouwde kom van Boxtel) is een reductie benodigd is van circa 25% van de  $v_{per}$  in de plansituatie, met uitzondering van de bebouwing aan het Stationsplein waar een reductie van 12% benodigd is.

### 8.2 Clustering van afwegingspanden

In het gebied Vught-Boxtel zijn in totaal 20 afwegingspanden vastgesteld (zie ref [2]). In het gebied Boxtel liggen alle panden langs een spoor op een aardebaan.

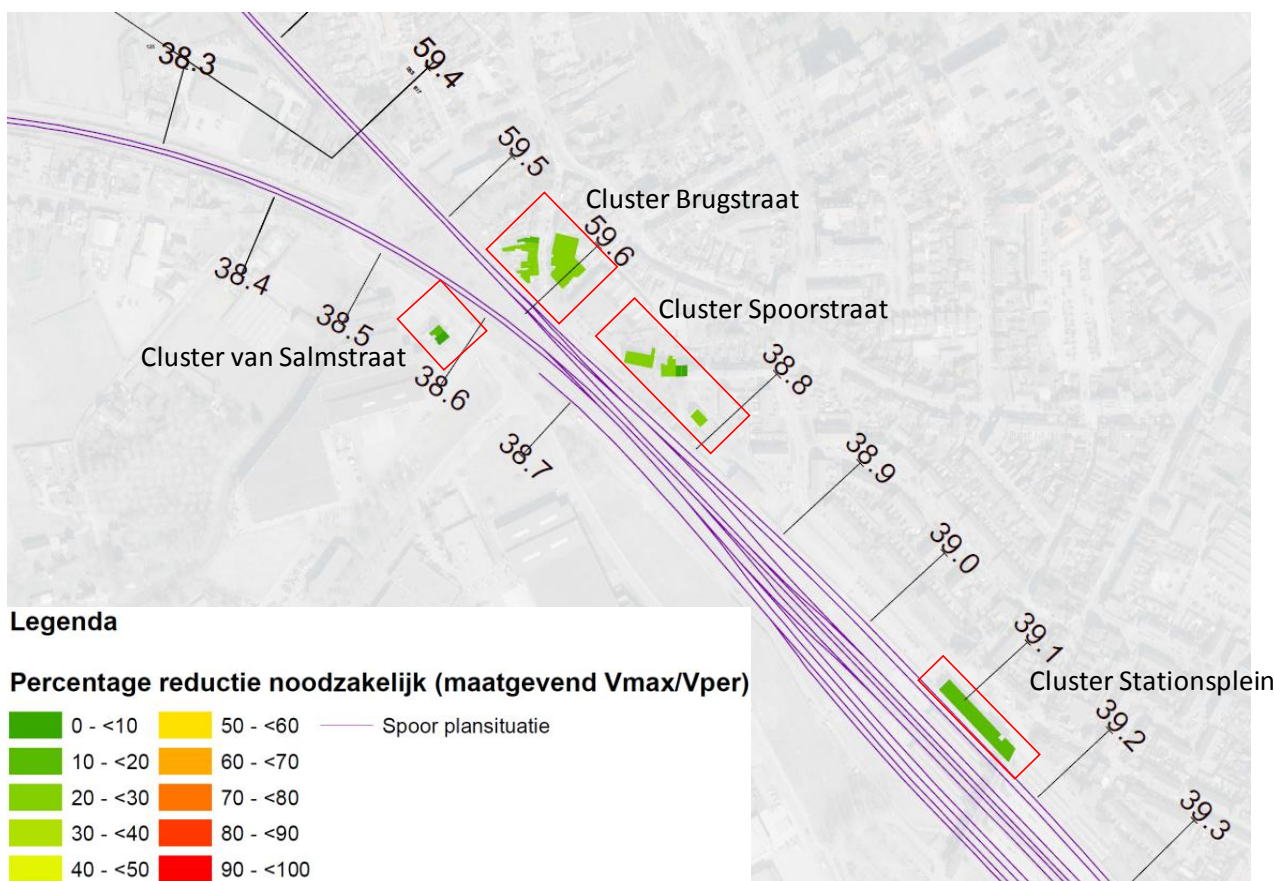
Het gebied Vught-Boxtel is verdeeld in vier clusters. De volgende clusters worden onderscheiden:

Tabel 72 Beschrijving clusters Vught-Boxtel Plansituatie

Nr.	Benaming	Omschrijving
1	Cluster van Salmstraat	De panden liggen aan de westzijde ter hoogte van de spoormetering km 38,57.
2	Cluster Brugstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetering km 59,56 tot en met km 59,60.
3	Cluster Spoorstraat	De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetering km 38,71 tot en met km 38,87.
4	Cluster Stationsplein	Dit cluster bevat drie winkels naast het spoor. De panden liggen aan de oostzijde ter hoogte van de spoormetering km 39,08 tot en met km 39,16.

De ligging van de clusters is weergegeven in de overzichtskaart in onderstaande figuur.

Opgemerkt wordt dat het Cluster Stationsplein het station Boxtel met daaraan gekoppelde commerciële ruimten betreft. Omdat in de 3 panden die dit betreft spoorgebonden bedrijfsactiviteiten plaatsvinden, wordt hiervoor geen afweging van maatregelen uitgewerkt. De afweging heeft derhalve betrekking op 3 clusters met totaal 17 panden.



Figuur 17 Overzicht clusters Vught-Boxtel plansituatie

In Bijlage F zijn detailkaarten van de clusters weergegeven, inclusief de classificatie van de afwegingspanden op basis van de benodigde trillingsreductie (situatie zonder maatregelen).

In Tabel 73 is per cluster het aantal afwegingspanden en de vereiste maximale reductie voor de beide trillingsniveaus (Vmax en Vper) weergegeven (exclusief Cluster Stationsplein).

Tabel 73 Omvang clusters en reductie percentages voor maatregelenafweging

Nr.	Locatie Boxtel	Aantal afwegingspanden/wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m <sup>2</sup> )	Vloeroppervlakte per categorie (m <sup>2</sup> )	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
-----	----------------	-------------------------------------	---	--	------------------------------	------------------------------

Nr.	Locatie Boxtel	Aantal afwegingspanden/ wooneenheden	Vloeroppervlakte overige functies (m <sup>2</sup> )	Vloeroppervlakte per categorie (m <sup>2</sup> )	Max reductie (Vmax) benodigd	Max reductie (Vper) benodigd
1	Cluster Van Salmstraat	2/2	N.v.t.	N.v.t.	0%	11%
2	Cluster Brugstraat	9/7	2092	Kantoorfunctie: 846 Gezondheidszorgfunctie: 1246	0%	25%
3	Cluster Spoorstraat	6/6	N.v.t.	N.v.t.	0%	25%

### 8.3 Selectie van effectieve maatregelen

De maatregelen die op basis van de algemene analyse zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn geïdentificeerd als mogelijk inzetbare maatregel in het gebied Boxtel zijn samengevat in Tabel 74.

Tabel 74 Samenvatting van de nader te overwegen trillings mitigerende maatregelen

Locatie	Aan de bron	In de overdracht	Bij de ontvanger
Boxtel	"Beton plaat onder ballastbed met ballastmat"	"OTC-betonscherm in bodem"	N.v.t.

Tijdens de eerste selectie van toepasbare maatregelen is per cluster beoordeeld in hoeverre de in bovenstaande tabel genoemde maatregelen geschikt zijn, op basis van effectiviteit (bereiken of benaderen van beoogde reductie), toepasbaarheid, uitvoerbaarheid en inpasbaarheid.

Hierbij zijn de volgende afwegingen gemaakt:

- Voor het gebied Boxtel is er één cluster (cluster Brugstraat) waarvoor, bij keuze voor maatregelen aan de bron, deze bronmaatregelen onder meerdere sporen (naar verwachting onder 4 sporen) nodig zijn om voldoende trillingsmitigatie bij de afwegingspanden te realiseren. Het realiseren van deze maatregelen op het emplacement Boxtel is zowel ontwerptechnisch en uitvoeringstechnisch zeer complex en is daardoor extreem kostbaar. Om deze reden wordt deze bronmaatregel niet als realistisch beschouwd voor zowel de cluster Brugstraat als de cluster Spoorstraat.
- Op inpasbaarheid scoort de maatregel betonplaat positief, met de kanttekening dat er een wisselcomplex aanwezig is ter hogte van een aantal clusters, waardoor de inpasbaarheid lokaal aanpassingen vereist van de standaard oplossing.
- Voor de maatregel "OTC betonscherm in bodem" is in het kader van de maatregelafweging in Boxtel de variant MIP-wand beschouwd. Deze variant is beschouwd in verband met de benodigde reductie en de geringe lengte van benodigde schermwanden. Toepassing van diepwanden of jet-groutwanden als OTC resulteert in een aanzienlijk duurdere oplossing.

## 8.4 Doelmatigheidsafweging

### 8.4.1 Cluster Van Salmstraat

#### Stap 1: globale afweging

Cluster Van Salmstraat is de maximale benodigde reductie van Vper ongeveer 11%.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de "Betonplaat" hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Bovendien is de kostendoelmatigheid onvoldoende omdat deze maatregel alleen betrekking heeft op 2 afwegingspanden. De beoogde reductie is met de maatregel "MIP-wand" in principe te realiseren. Deze maatregel wordt nader beoordeeld.

#### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen



De benodigde reductie van 11 % is met een MIP wand te realiseren. Op basis van een verkennende berekening is vastgesteld dat de MIP-wand tot een diepte van 20 m moet worden toegepast, waarbij deze is aangenomen aan de spoorzijde van de Van Salmstraat ter hoogte van de beide panden. De benodigde scherm lengte bedraagt dan circa 40 m.

### Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel sets

Voor Cluster Van Salmstraat wordt de onderstaande maatregelen set nader beschouwd.

- Maatregelen set : MIP-wand van 20 m diep op circa 15 m vanaf het spoor aan de spoorzijde langs de Van Salmstraat

Het cluster omvat 2 afwegingspanden De benodigde lengte van de maatregelen is circa 40m. De multicriteria analyse voor Cluster Van Salmstraat is weergegeven in navolgende tabel.

Tabel 75 Multi criteria analyse maatregelsets voor Cluster Van Salmstraat

Criterion	Maatregelen set : 20 m MIP op 15m van het spoor
Effectiviteit [%]	11%
Aantal panden gemitigeerd [-]	2 (van 2)
Additionele max reductie benodigd [%]	0
Inpasbaarheid [-]	++
Uitvoerbaarheid [-]	++
Onderhoudbaarheid [-]	++
Robuustheid [-]	+
Kosten [€]	€ 320.000
Kosten doelmatigheid [-]	0,29

Op basis van de bovenstaande afweging wordt geconcludeerd dat de maatregelset op aspect effectiviteit, inpasbaarheid, uitvoerbaarheid en robuustheid positief scoort. Echter de maatregel voldoet niet op het aspect kostendoelmatigheid.

Een samenvatting van de afweging is opgenomen in bijlage G.

Op basis van deze afweging is voor Cluster Van Salmstraat geconcludeerd dat er geen maatregelen inpasbaar zijn.

## 8.4.2 Cluster Brugstraat

### Stap 1: globale afweging

Voor cluster Brugstraat worden twee maatregelen "Betonplaat" en "MIP-wand" beschouwd. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van  $V_{per}$  ongeveer 25%.

Voor de OTC "MIP-wand" als overdracht maatregel is de beschikbare werkruimte minder dan 10 m. Daarom is deze maatregel op basis van het aspect "uitvoerbaarheid" niet toepasbaar en wordt niet nader beschouwd.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de "Betonplaat" hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Voor de maatregel betonplaat zijn de investeringskosten naar verwachting hoog, omdat de maatregel onder meerdere sporen noodzakelijk is.

### Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen



Voor de maatregel betonplaten is bepaald dat bij toepassing onder alle 4 sporen een reductie van 20% is te realiseren. Dit is dus onvoldoende om de beoogde mitigatie te realiseren. De kosten van deze maatregelen zijn in de orde van € 2.000.000.

Omdat de effectiviteit onvoldoende is en de kosten aanzienlijk hoger zijn dan het voor mitigatie beschikbare budget bij 9 panden wordt deze maatregel als niet doelmatig beschouwd.

### **Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel set**

Gezien de conclusie van stap 2 is een multi-criteria analyse achterwege gelaten. Er is geen toepasbare effectieve en kostendoelmatige maatregel voor handen.

## **8.4.3 Cluster Spoorstraat**

### **Stap 1: globale afweging**

Voor cluster Spoorstraat worden twee maatregelen "Betonplaat" en "MIP-wand" verder beschouwd. Voor dit cluster is de maximale benodigde reductie van  $V_{per}$  ongeveer 25%.

Omdat dit cluster uit slechts zes panden bestaat is de kostendoelmatigheid van de maatregel "Betonplaat" en "MIP-wand" waarschijnlijk laag.

Voor de overdracht maatregel "MIP-wand" is de uitvoerbaarheid door de beperkte werkruimte (plaatselijk minder dan 10 m) niet mogelijk. Ook op het aspect inpasbaarheid scoort de MIP-wand laag vanwege de aanwezigheid van bomen in het zuidelijk deel van het beschouwde wand-tracé. Om deze reden wordt deze maatregel verder niet beschouwd.

Opgemerkt wordt dat de uitvoerbaarheid van de "Betonplaat" hier laag scoort omdat de werkzaamheden in een spoor situatie in exploitatie uitgevoerd moeten worden. Voor de maatregel betonplaat zijn de investeringskosten naar verwachting hoog, omdat de maatregel onder meerdere sporen noodzakelijk is,

### **Stap 2: Nadere verkenning van maatregelen**

Dit cluster is voor wat betreft beoogde reductie vergelijkbaar met het cluster Brugstraat. Het aantal afwegingspanden is echter kleiner (6 panden).

Om deze redenen is de conclusie zoals getrokken voor het cluster Brugstraat ook van toepassing op het cluster Spoorstraat. Dit betekent dat er geen effectieve en kostendoelmatige maatregel inzetbaar is.

### **Stap 3: Multicriteria analyse voor maatregel set**

Gezien de conclusie van stap 2 is een multi-criteria analyse achterwege gelaten. Op basis van bovenstaande afweging is voor Cluster Spoorstraat geconcludeerd dat er geen kostendoelmatige maatregelen ingezet kan worden.

## **8.5 Samenvattende maatregelenafweging**

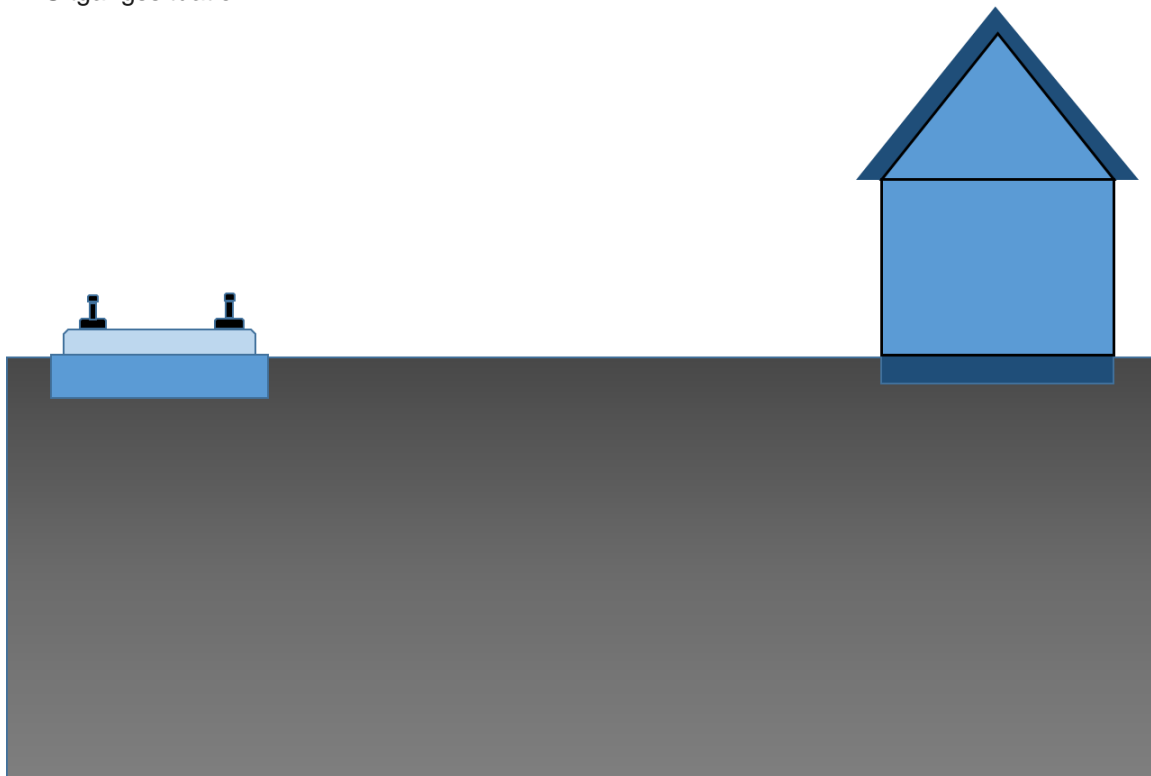
De maatregelenafweging resulteert in de conclusie dat er voor de clusters in het gebied Vught-Boxtel geen maatregelen zijn die doelmatig kunnen worden toegepast voor trillingsmitigatie. De maatregelenafweging is nader samengevat in bijlage G.

## 9 REFERENTIES

1. PHS Meteren-Boxtel, Achtergrondrapportage Trillingen – deel 1: Uitgangspunten inclusief metingen, Arcadis, 16 februari 2017, kenmerk 079204264:A
2. PHS Meteren-Boxtel, Achtergrondrapportage Trillingen – deel 2: Modelleren en toetsing, Arcadis, 22 december 2016, kenmerk 079206124:A
3. Maatregelencatalogus spoortrillingen, samenvattend overzicht, Grontmij, kenmerk GM 0175097 van 16-12-2015.
4. Memo Voorzet voor besluitvorming over de prijs voor afweging van doelmatige maatregelen tegen trillinghinder, voor DO, ProRail – I en M, 12 februari 2014.
5. Memo Handelswijze Bts bij afweging maatregelen in relatie tot kantoren, kenmerk EDMS-#3627028-v2-Voorstel\_DO\_richtprijs\_voor\_doelmatige\_afweging\_maatregelen\_bij\_kantoren.
6. R.G. Wettschureck, F. Breuer, M. Tecklenburg, H. Widmann, 1999. Installation of highly effective vibration mitigation measures in a railway tunnel in Cologne, Germany. Rail Engineering International, Edition 1999, No. 4, pp. 12-16.
7. Dynamische nadelige effecten van trillingsreducerende maatregelen, Aanvulling Maatregelencatalogus spoortrillingen, Deltares, kenmerk 11200206-000-GEO-0003-jvm, mei 2017
8. Niet-dynamische nadelige effecten van trillingsreducerende maatregelen, Aanvulling Maatregelencatalogus spoortrillingen, Deltares, kenmerk 11200206-000-GEO-0004-jvm, mei 2017

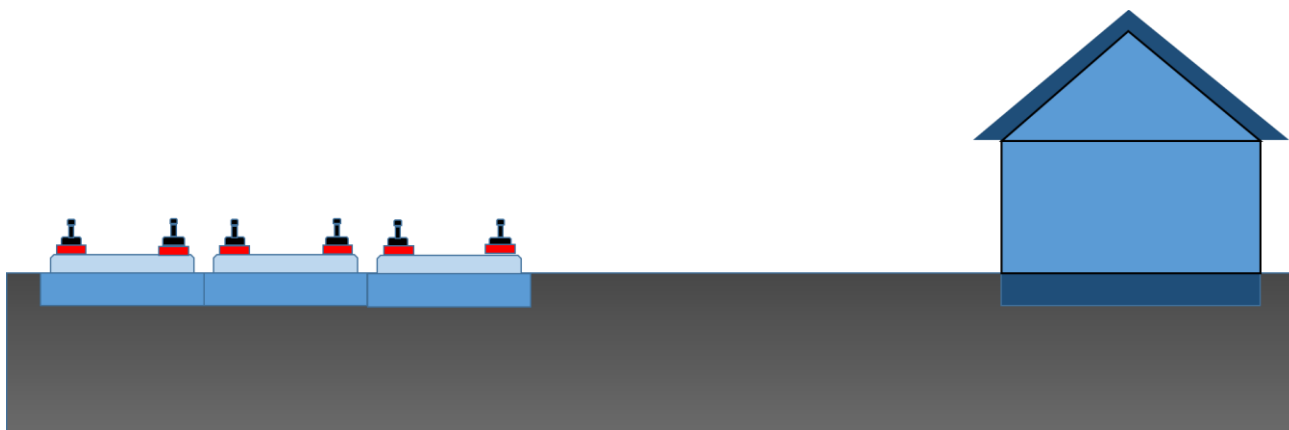
## BIJLAGE A: BESCHRIJVING VAN TRILLINGS REDUCERENDE MAATREGELEN

### 1. Uitgangssituatie



Spoor in ballastbed

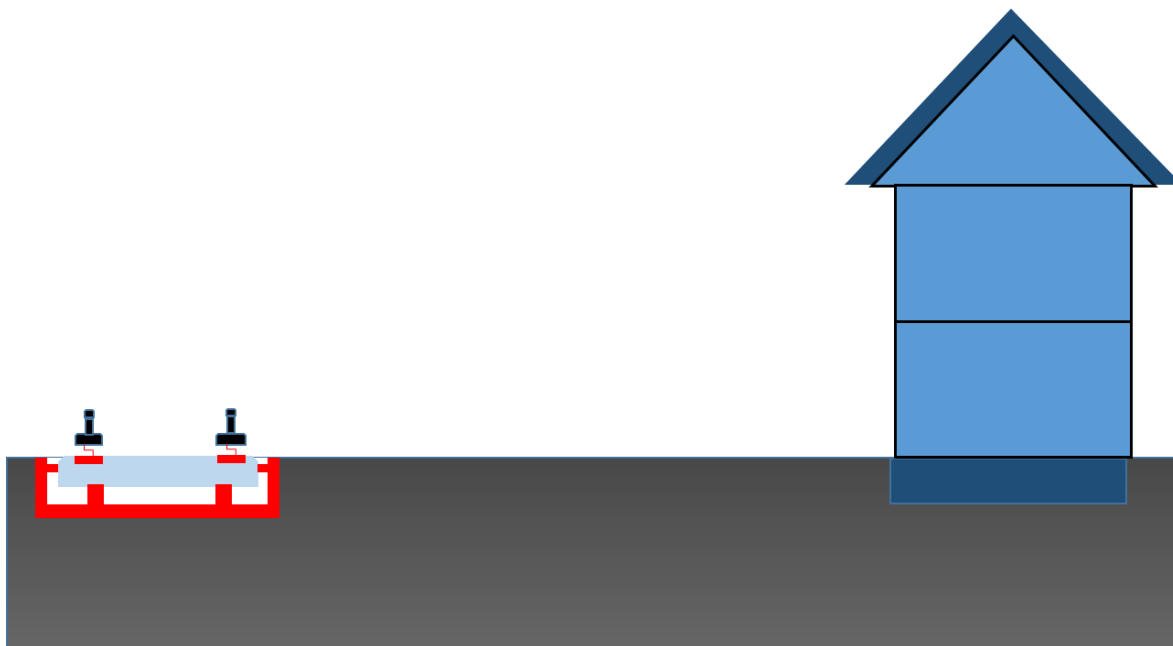
2. Maatregelen aan bron



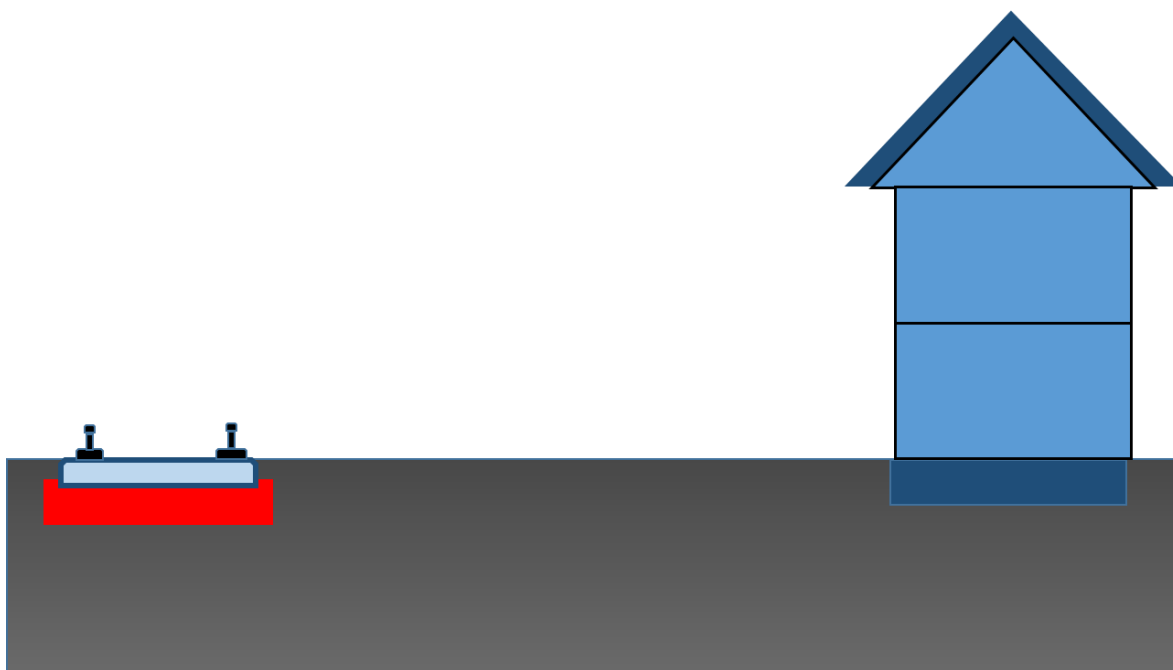
Railpads



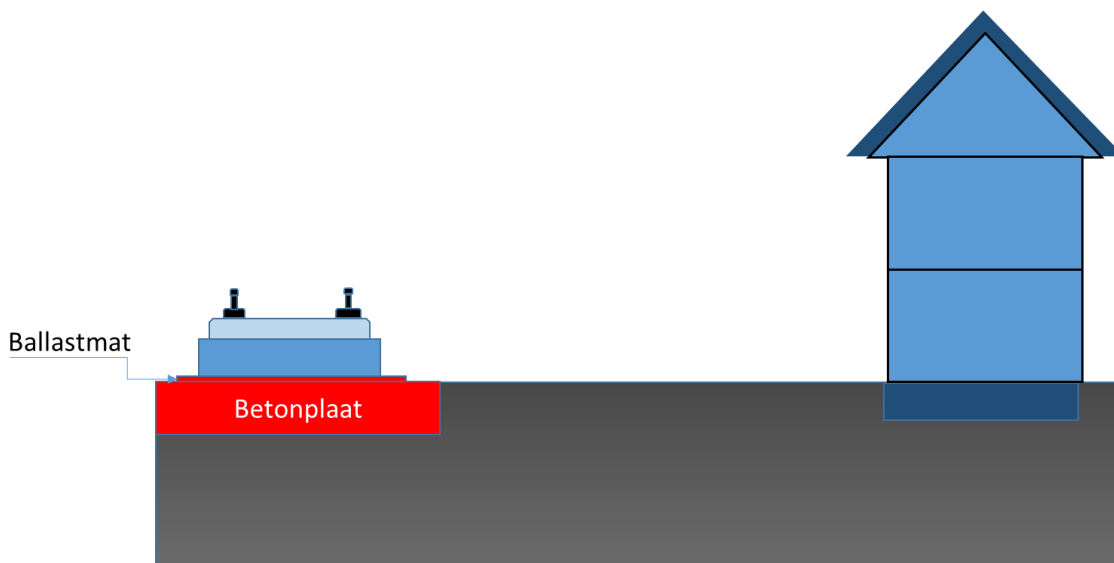
Under sleeper pads



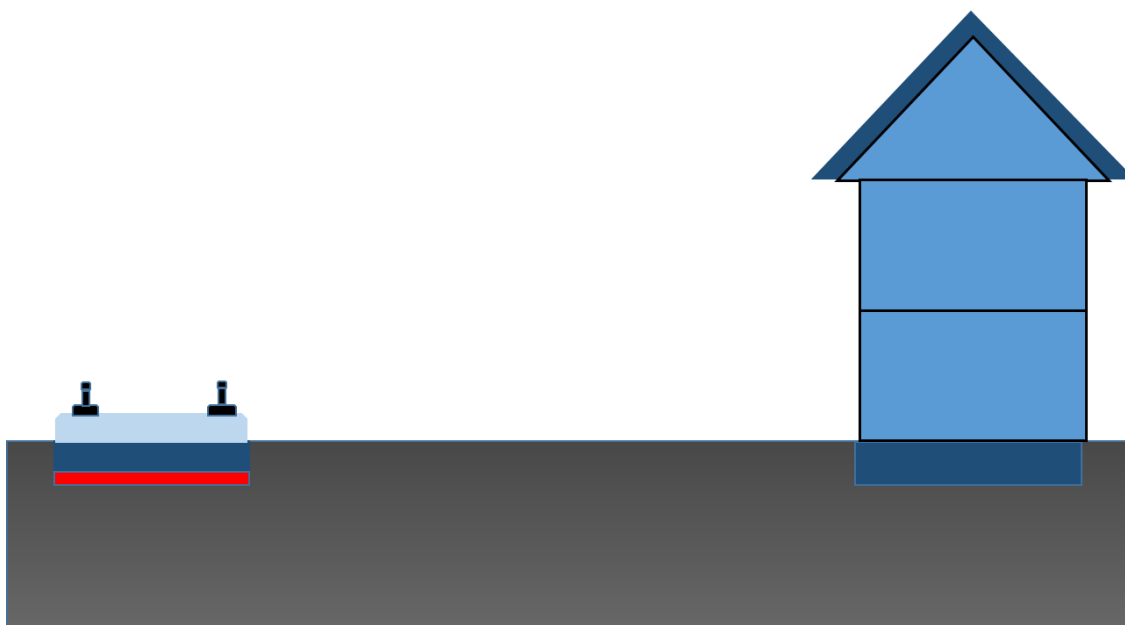
Floating slab track



Slab track



Betonplaat onder ballastbed met ballastmat



Ballastmat onder spoor in ballast



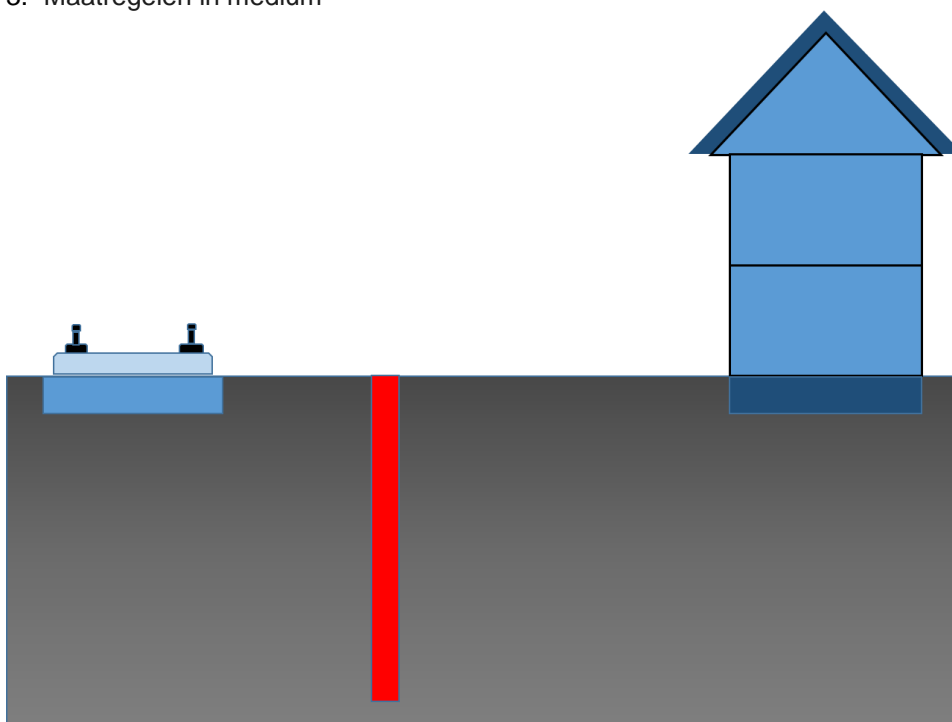
Ladder track (bovenaanzicht)



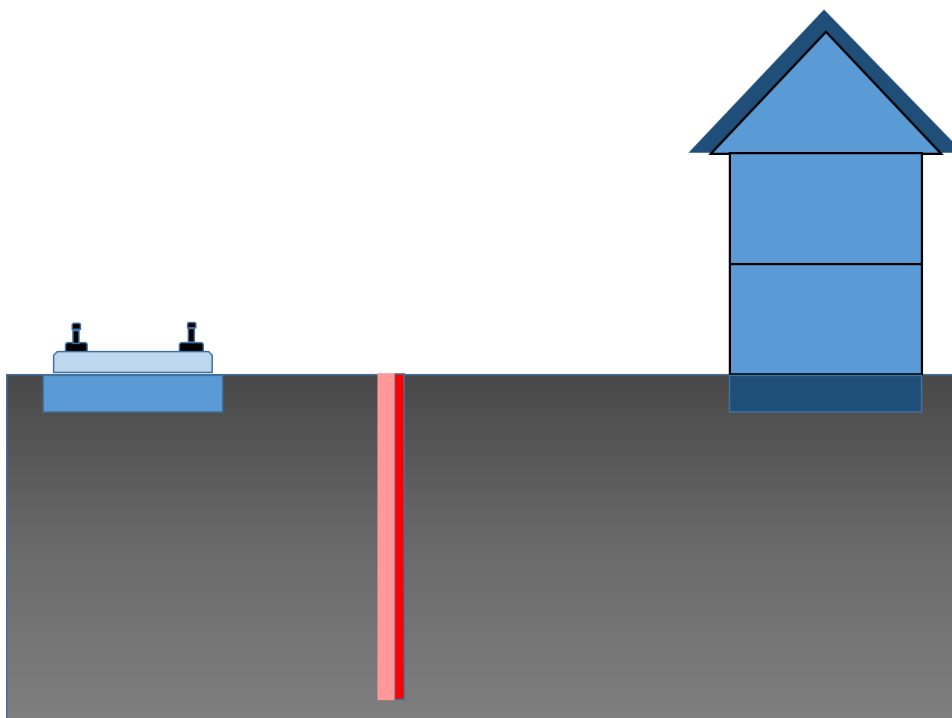
Wide sleeper track (bovenaanzicht)



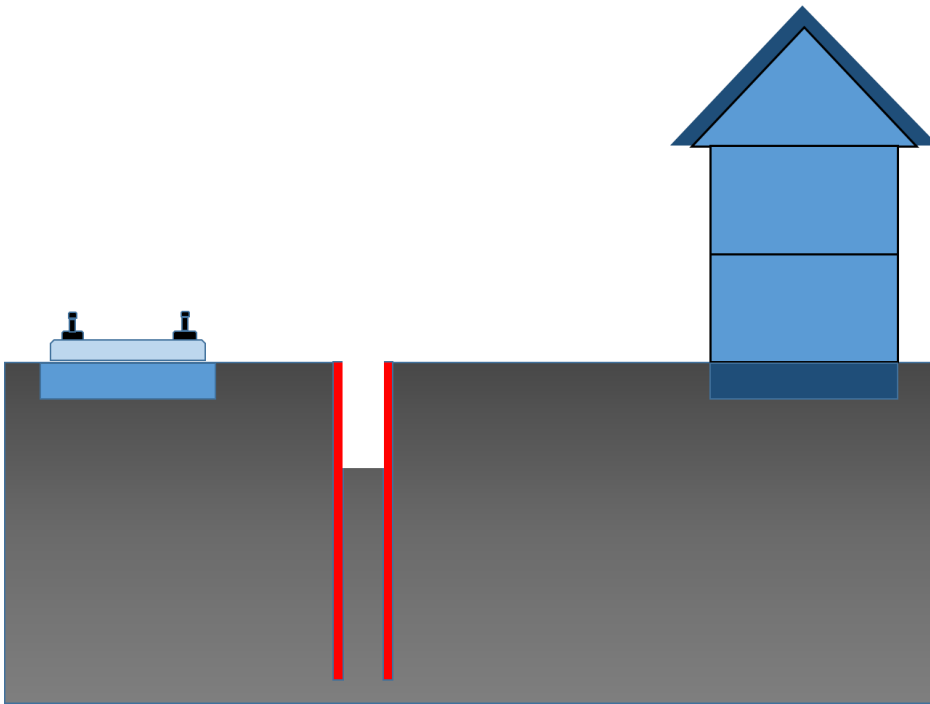
3. Maatregelen in medium



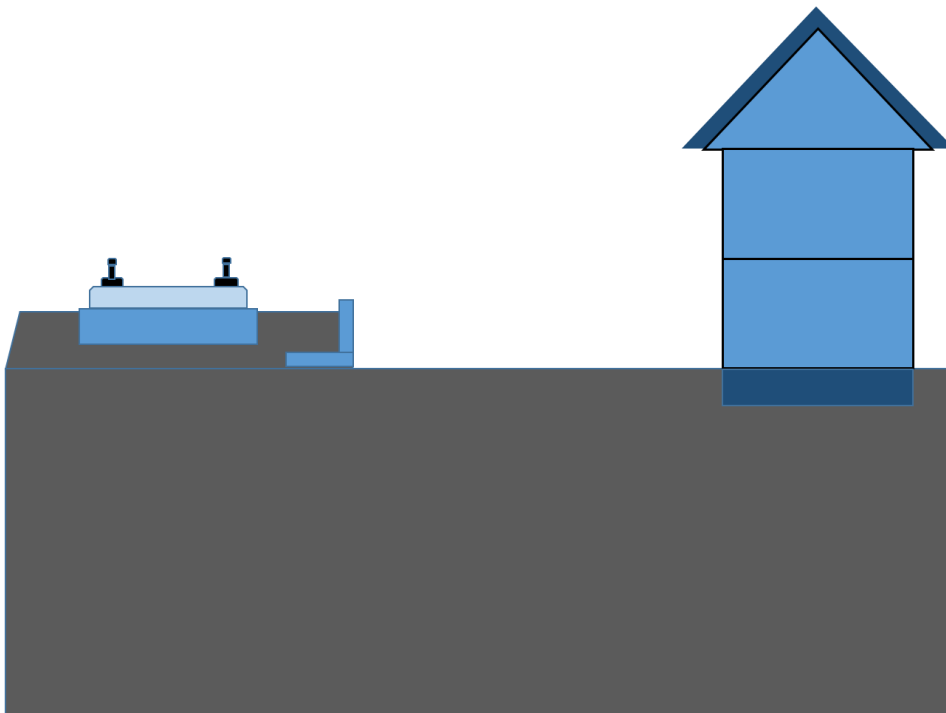
Ondergronds trillingsreducerende constructie (OTC)



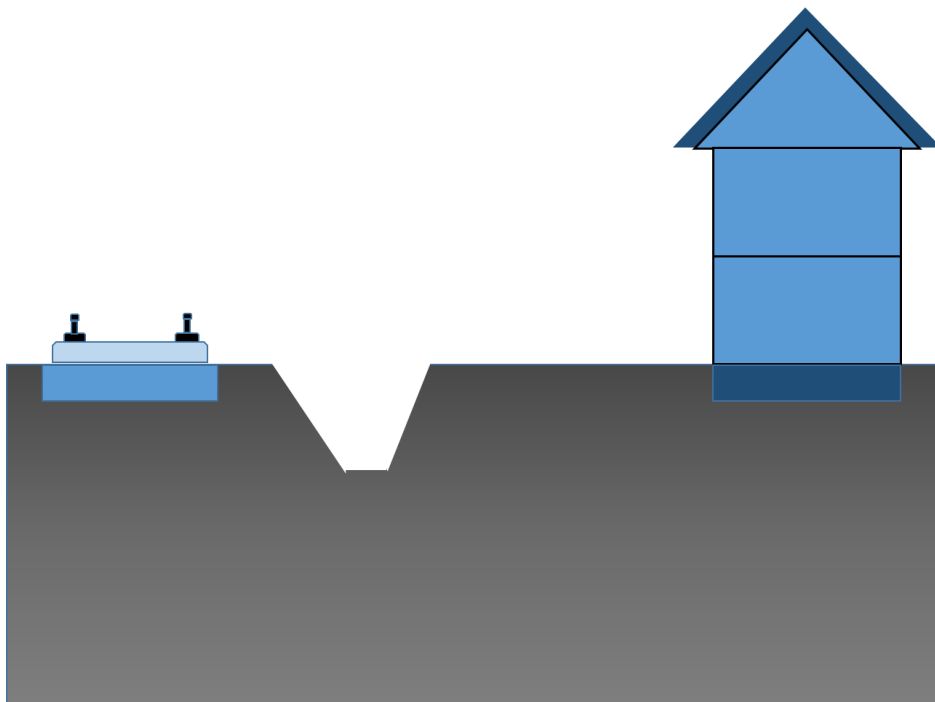
Beklede ondergrondse trillingsreducerende constructie



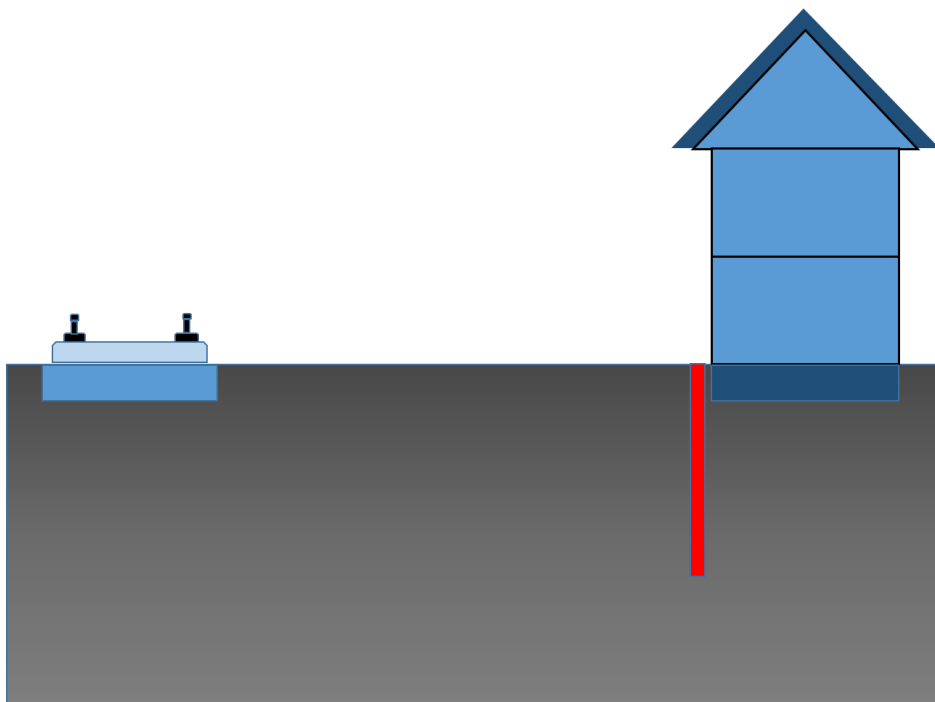
Open sleuf met keerwanden



Trillingscherm L-wand in talud

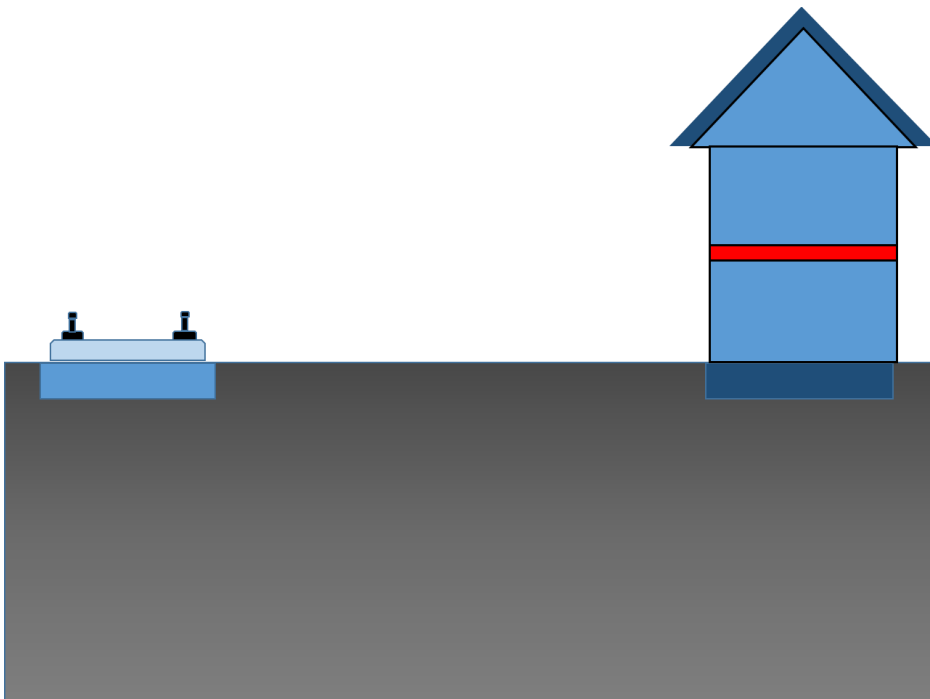


Open sleuf in bodem

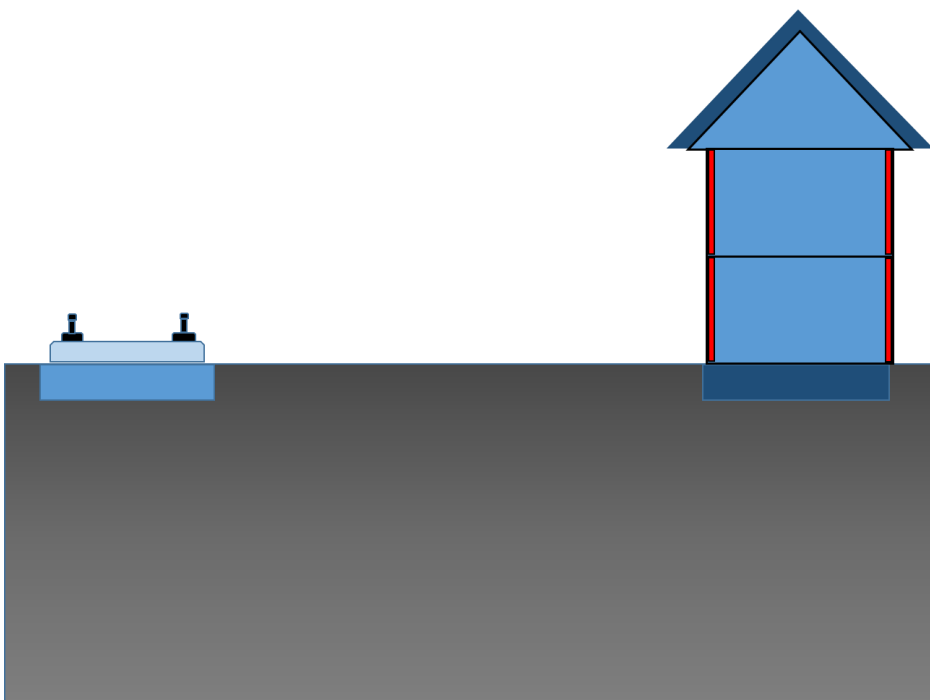


Polystyreen scherm in bodem bij/tegen woning

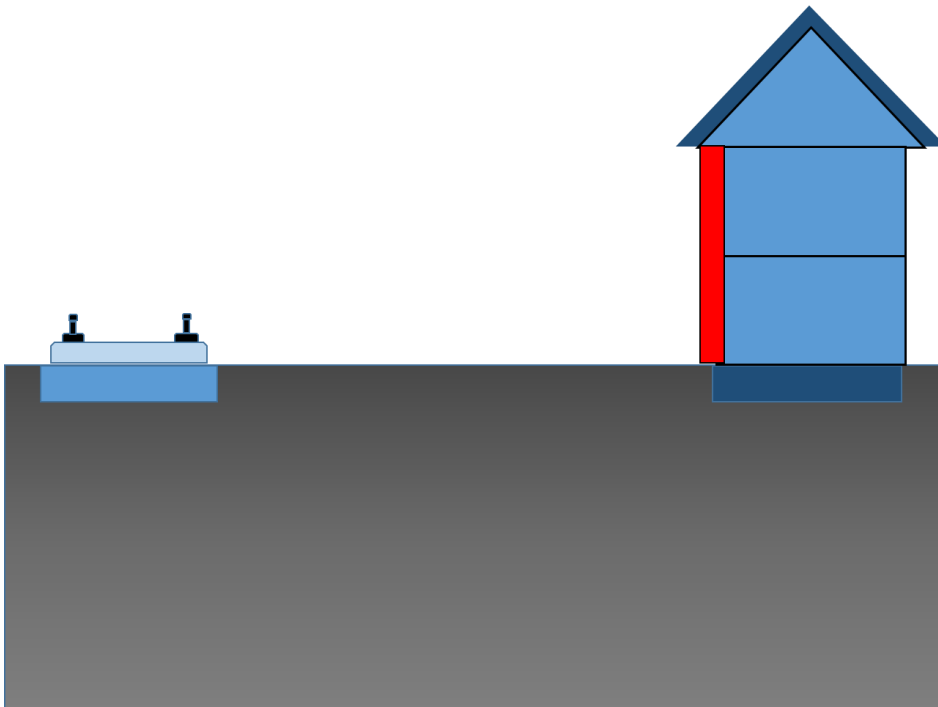
4. Maatregelen bij ontvanger



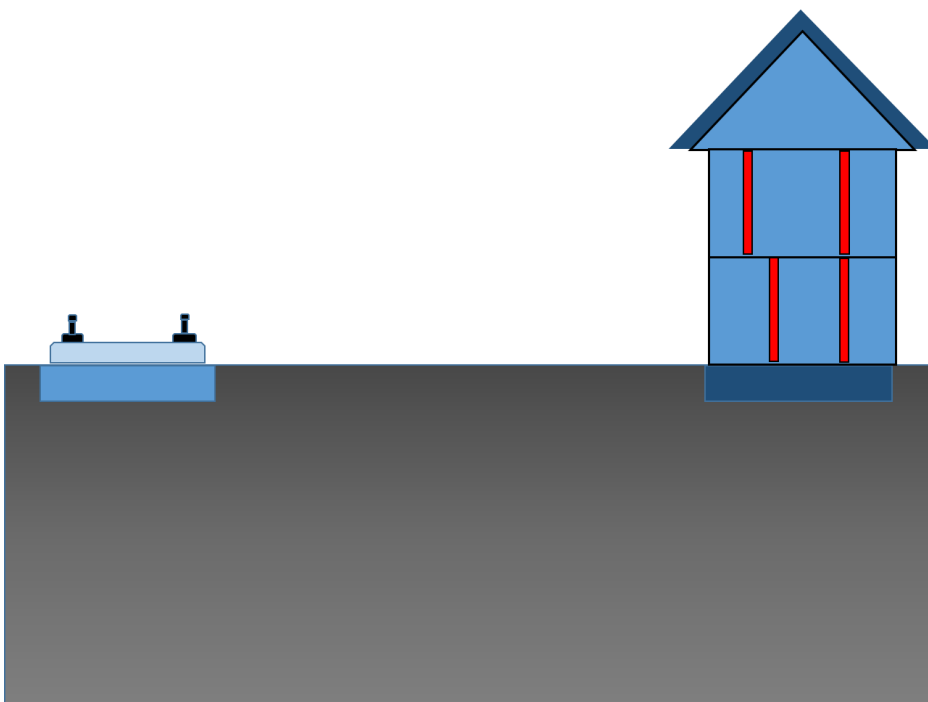
Verstijven (verdiepings)vloer in pand



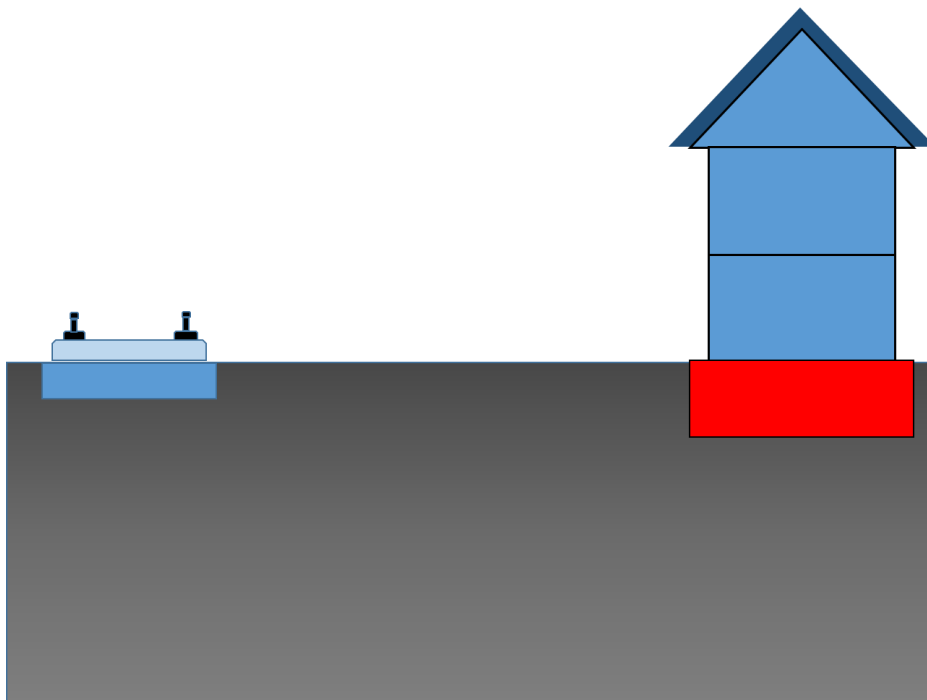
Vervangen binnenwanden in pand



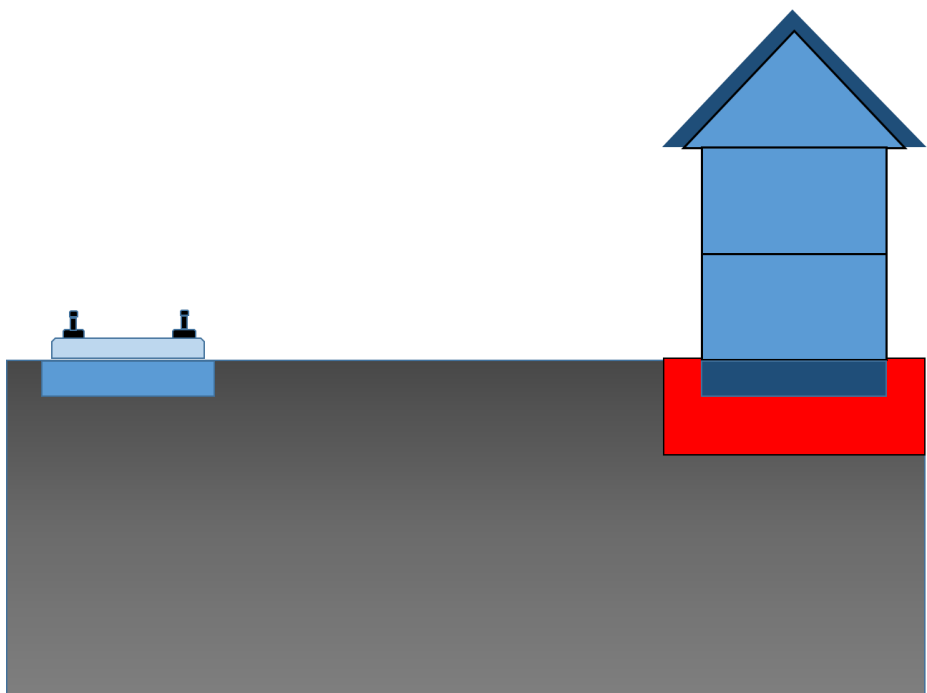
Verstevinging buitengevel van pand



Extra stabiliteitwanden in pand



Verzwaren fundering



Aanbrengen dempende massa

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)



## **BIJLAGE B: KOSTENANALYSE VAN MAATREGELEN**

In deze bijlage is de kostenanalyse van de in de afweging betrokken bron- en overdrachtsmaatregelen uitgewerkt.

## Betonplaat 1 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 1 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=4m D=0,5m	280,00	m3	€ 350,00	€	98.000,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	560,00	m2	€ 70,00	€	39.200,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>137.200,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	75.531,10
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>212.731,00</b>
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	10.636,55
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	14.040,25
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>237.408,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	23.740,80
<b>Totaal investeringskosten</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>261.149,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€ <b>316.000,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	7.834,47
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>268.983,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€ <b>325.500,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	53.124,14
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>322.107,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€ <b>389.700,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1	€	<b>2.800,00</b>

## Betonplaat 2 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 2 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=8,5m D=0,5m	595,00	m3	€ 335,00	€	199.325,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>282.625,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	155.590,21
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>438.215,00</b>
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	21.910,75
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	28.922,19
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>489.048,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	48.904,80
<b>Totaal investeringskosten</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>537.953,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€ <b>650.900,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	16.138,59
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>554.092,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€ <b>670.500,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	109.433,17
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>663.525,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€ <b>802.900,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1		€ <b>5.700,00</b>

## Betonplaat 3 vrije bouw

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 3 sporig exclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in de faseringen van project Meteren - Boxtel					
geen rekening gehouden met opbreken spoor					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen ProRail					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
Betonplaat L=140m B=13m D=0,5m	910,00	m3	€ 325,00	€	295.750,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.820,00	m2	€ 70,00	€	127.400,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>423.150,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	232.951,78
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>656.102,00</b>
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	32.805,10
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	43.302,73
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>732.210,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	73.221,00
<b>Totaal investeringskosten</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>805.431,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>T-Waarde incl. afronding</b>	€	<b>974.600,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	24.162,93
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>829.594,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	€	<b>1.003.800,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	163.844,82
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>993.439,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	€	<b>1.202.100,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1	€	<b>8.600,00</b>

## Betonplaat 1 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 1 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Einheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=10m B=4m D=0,5m aantal 14 stuks	280,00	m3	€ 350,00	€	98.000,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 16 uur	80,00	uur	€ 56,25	€	4.500,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	560,00	m2	€ 70,00	€	39.200,00
Weekendwerk spoorploeg 6 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen spoor					
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (4 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	4,00	inzet	€ 838,00	€	3.352,00
Afvoeren oude ballast ca 500 ton	18,00	vracht	€ 350,00	€	6.300,00
Koop ballast	500,00	ton	€ 25,00	€	12.500,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (4 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Thermietlassen maken weekend					
Inzet verwarmingswagen / trekperatuur	1,00	inzet	€ 305,00	€	305,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	1,00	inzet	€ 2.760,00	€	2.760,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	1,00	post	€ 5.000,00	€	5.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	2,00	post	€ 405,00	€	810,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekperatuur	1,00	post	€ 380,00	€	380,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 5.000,00	€	5.000,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	180,00	m1	€ 150,00	€	27.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	140,00	m1	€ 70,00	€	9.800,00
NVW-veiligheid	1,00	post	€ 15.000,00	€	15.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>287.538,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	158.294,90
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>445.833,00</b>
Vastgoedkosten			Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€	22.291,65
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	29.424,98
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>497.550,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	49.755,00
<b>Totaal investeringskosten</b>			<b>T-Waarde</b>	€	<b>547.305,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>T-Waarde incl. afronding</b>	€	<b>662.200,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	16.419,15
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>563.724,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	€	<b>682.100,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	111.335,49
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>			<b>Mu-waarde</b>	€	<b>675.059,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>			<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	€	<b>816.800,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1	€	<b>5.800,00</b>

## Betonplaat 2 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 2 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=5m B=8,50m D=0,5m aantal 28 stuks	595,00	m3	€ 335,00	€	199.325,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	4,00	inzet	€ 5.000,00	€	20.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	32,00	uur	€ 18,75	€	600,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 32 uur	160,00	uur	€ 56,25	€	9.000,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
Weekendwerk spoorploeg 8 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen spoor	4,00	inzet	€ 4.416,00	€	17.664,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (8 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	6,00	inzet	€ 838,00	€	5.028,00
Afvoeren oude ballast ca 1.000 ton	35,00	vracht	€ 350,00	€	12.250,00
Koop ballast	1.000,00	ton	€ 25,00	€	25.000,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (4 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Thermietlassen maken weekend	20,00	stuks	€ 350,00	€	7.000,00
Inzet verwarmingswagen / trekapparaat	1,00	inzet	€ 305,00	€	305,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	1,00	inzet	€ 2.760,00	€	2.760,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	2,00	post	€ 5.000,00	€	10.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	3,00	post	€ 405,00	€	1.215,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekapparaat	1,00	post	€ 380,00	€	380,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 6.000,00	€	6.000,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	180,00	m1	€ 150,00	€	27.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	140,00	m1	€ 70,00	€	9.800,00
NVV-veiligheid	1,00	post	€ 17.500,00	€	17.500,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>484.460,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	266.704,05
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>751.164,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	37.558,20
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	49.576,82
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>838.299,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	83.829,90
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>922.129,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.115.800,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	27.663,87
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>949.793,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.149.200,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	187.584,12
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>1.137.377,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.376.200,00</b>
<b>Prijz per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1	€	<b>9.800,00</b>

## Betonplaat 3 in spoorzone

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Betonplaat 3 sporig inclusief spoorwerk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden uitgevoerd in een weekend buitendienststelling van 52 uur					
geen rekening gehouden met obstakels naast de spoorbaan (bomen, groenstroken, gebouwen, etc.)					
geen rekening gehouden met buitendienststellingskosten of vervangend vervoer					
geen rekening gehouden met eventuele aanwezige wissels					
geen rekening gehouden met eventuele 10 kV kabel					
geen rekening gehouden met eventuele kabels en leidingen derden					
geen rekening gehouden met eventuele afspanblok bovenleiding					
Betonplaat L=3,50m B=13m D=0,5m aantal 40 stuks	910,00	m3	€ 325,00	€	295.750,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. plaatsen betonplaten	6,00	inzet	€ 5.000,00	€	30.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	48,00	uur	€ 18,75	€	900,00
Inzet personeel t.b.v. plaatsen betonplaten 5 man, 48 uur	240,00	uur	€ 56,25	€	13.500,00
Aanbrengen ballastmatten op betonplaat	1.190,00	m2	€ 70,00	€	83.300,00
Weekendwerk spoorploeg 10 man t.b.v. verwijderen en herplaatsen	6,00	inzet	€ 5.520,00	€	33.120,00
Inzet mobiele kraan 500 tons i.v.m. verwijderen en herplaatsen spoorsectie van 36 m1 (12 stuks)	2,00	inzet	€ 5.000,00	€	10.000,00
Toeslag machinist t.b.v weekend werk (ca. 50%)	16,00	uur	€ 18,75	€	300,00
Inzet shovel 2500L weekend	8,00	inzet	€ 838,00	€	6.704,00
Afvoeren oude ballast ca 1.500 ton	55,00	vracht	€ 350,00	€	19.250,00
Koop ballast	1.500,00	ton	€ 25,00	€	37.500,00
Unima weekend	1,00	inzet	€ 2.900,00	€	2.900,00
Omhangen bovenleiding (6 man, hoogwerker)	2,00	inzet	€ 7.500,00	€	15.000,00
Thermietlassen maken weekend	30,00	stuks	€ 350,00	€	10.500,00
Inzet verwarmingswagen / trekperatuur	2,00	inzet	€ 305,00	€	610,00
Weekendwerk Spoorploeg 5 man t.b.v. voegloos maken spoor	2,00	inzet	€ 2.760,00	€	5.520,00
Aan- afvoerkosten mobiele kraan	2,00	post	€ 5.000,00	€	10.000,00
Aan- afvoerkosten shovel	4,00	post	€ 405,00	€	1.620,00
Aan- afvoerkosten Unima	1,00	post	€ 833,00	€	833,00
Aan- afvoerkosten verwarmingswagen / trekperatuur	2,00	post	€ 380,00	€	760,00
Inzet beveiliging (instellen en aanpassen spoorstroomloop)	1,00	post	€ 7.500,00	€	7.500,00
ProRail kabels en leidingen (opgraven/in mantelbuizen doen/aan kant leggen / terug plaatsen in kabelkokers of grond)	360,00	m1	€ 150,00	€	54.000,00
Aanbrengen kabelkokers 8,5*9,5 cm.	140,00	m1	€ 45,00	€	6.300,00
Aanbrengen kabelkokers 16*25 cm.	280,00	m1	€ 70,00	€	19.600,00
NVV-veiligheid	1,00	post	€ 20.000,00	€	20.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>685.467,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	377.362,06
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>1.062.829,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	53.141,45
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	70.146,71
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>1.186.117,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	118.611,70
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>1.304.729,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.578.700,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	39.141,87
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>1.343.871,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.626.100,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	265.414,52
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>1.609.286,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.947.200,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			140 m1	€	<b>13.900,00</b>



## Diepwand 1: H = 10m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Diepwand h=10m solitair werk					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3					
Diepwand dik 500mm L=100m H=10m	1.000,00	m2	€ 500,00	€	500.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>500.000,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	275.259,10
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>775.259,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	38.762,95
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	51.167,09
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>865.189,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	86.518,90
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>951.708,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.151.600,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	28.551,24
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>980.259,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.186.100,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	193.601,15
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>1.173.860,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>1.420.400,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			100 m1	€	<b>14.200,00</b>

## Diepwand 2: H=15m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel				
Diepwand h=15m solitair werk				
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014				
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
Trillingsmaatregelen vrije baan				
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd				
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3				
Diepwand dik 500mm L=100m H=15m	1.500,00	m2	€ 420,00	€ 630.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				<b>€ 630.000,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€ 346.826,47
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 976.826,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€ 48.841,30
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€ 64.470,52
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 1.090.138,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€ 109.013,80
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 1.199.152,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		<b>€ 1.451.000,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€ 35.974,56
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		<b>€ 1.235.127,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		<b>€ 1.494.500,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€ 243.937,58
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		<b>€ 1.479.065,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		<b>€ 1.789.700,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			100 m1	<b>€ 17.900,00</b>

## Diepwand 3: H = 20m

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
Trillingsmaatregelen vrije baan				
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd				
Diepwand voorzien van wapening ca 40kg/m3				
Diepwand dik 500mm L=100m H=20m	2.000,00	m2	€ 380,00	€ 760.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				<b>€ 760.000,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€ 418.393,83
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 1.178.394,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing		
Engineeringskosten			5,00%	€ 58.919,70
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€ 77.774,00
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 1.315.088,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€ 131.508,80
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		<b>€ 1.446.597,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		<b>€ 1.750.400,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€ 43.397,91
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		<b>€ 1.489.995,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		<b>€ 1.802.900,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€ 294.274,01
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		<b>€ 1.784.269,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		<b>€ 2.159.000,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			100 m1	<b>€ 21.600,00</b>

## Jet-grout palen wand 13 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=13m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=13m	265,00	m1	€ 6.900,00	€	1.828.500,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>1.828.500,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.006.622,53
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>2.835.123,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	141.756,15
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	187.118,12
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>3.163.997,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	316.399,70
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>3.480.397,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>4.211.300,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	104.411,91
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>3.584.809,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>4.337.600,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	707.999,78
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>4.292.809,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>5.194.300,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			265 m1	€	<b>19.600,00</b>

## Jet-grout palen wand 18 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=18m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=18m	265,00	m1	€ 8.600,00	€	2.279.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>2.279.000,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.254.630,98
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>3.533.631,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	176.681,55
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	233.219,65
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>3.943.532,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	394.353,20
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>4.337.885,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>5.248.800,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	130.136,55
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>4.468.022,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>5.406.300,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	882.434,35
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>5.350.456,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>6.474.100,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			265 m1	€	<b>24.400,00</b>

## Jet-grout palen wand 23 m diep

Trillingsmaatregelen PHS Meteren-Boxtel					
Jet-grout palenwand h=23m solitair werk (kleine hoeveelheid)					
Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014					
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Trillingsmaatregelen vrije baan					
Werkzaamheden worden solitair uitgevoerd					
Jet-grout palenwand met diameter 1.500 mm					
Jet-grout palenwand Ø 1500mm L=265m H=23m	265,00	m1	€ 10.000,00	€	2.650.000,00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>				€	<b>2.650.000,00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55,05%	€	1.458.873,23
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>4.108.873,00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing			
Engineeringskosten			5,00%	€	205.443,65
Overige Bijkomende kosten			6,60%	€	271.185,62
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>4.585.502,00</b>
Project onvoorzien			10,00%	€	458.550,20
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>		€	<b>5.044.052,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>		€	<b>6.103.300,00</b>
Scheefte op basis van expert judgement			3,00%	€	151.321,56
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>5.195.374,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>6.286.400,00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)			19,75%	€	1.026.086,37
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>		€	<b>6.221.460,00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>		€	<b>7.528.000,00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde incl. PEAT en BTW )</b>			265 m1	€	<b>28.400,00</b>

## MIP wand, 20 m diep

Prijzen gebaseerd op prijspeil 2014			
Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs
Trillingsmaatregelen vrije baan			
Werzaamheden worden solitair uitgevoerd			
Mixed in Place wand voorzien van wapening ca 40kg/m3			
Mixed in Place wand dik 500mm L=100m H=20m	2,000.00	m2	€ 140.00 € 280,000.00
<b>Totaal benoemde directe bouwkosten</b>			<b>€ 280,000.00</b>
Opslag percentage bouwkosten trillingsmaatregelen			55.05% € 154,145.10
<b>Totaal Bouwkosten trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>	<b>€ 434,145.00</b>
Vastgoedkosten		Niet van toepassing	
Engineeringskosten		5.00%	€ 21,707.25
Overige Bijkomende kosten		6.60%	€ 28,653.57
<b>Totaal Basisraming trillingsmaatregelen</b>		<b>T-Waarde</b>	<b>€ 484,506.00</b>
Project onvoorzien		10.00%	€ 48,450.60
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>T-Waarde</b>	<b>€ 532,957.00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>T-Waarde incl. afronding</b>	<b>€ 644,900.00</b>
Scheefte op basis van expert judgement		3.00%	€ 15,988.71
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW en PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde</b>	<b>€ 548,946.00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW en excl. PEAT-kosten</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	<b>€ 664,200.00</b>
PEAT-kosten (6% Plankosten + 13,75% Realisatiekosten)		19.75%	€ 108,416.84
<b>Totaal investeringskosten excl. BTW</b>		<b>Mu-waarde</b>	<b>€ 657,363.00</b>
<b>Totaal investeringskosten incl. BTW</b>		<b>Mu-waarde incl. afronding</b>	<b>€ 795,400.00</b>
<b>Prijs per m1 ( Mu-waarde excl. de PEAT kosten en incl. BTW )</b>		100 m1	<b>€ 8,000.00</b>



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

## **BIJLAGE C: MAATREGELEN AFWEGING WAARDENBURG -'S-HERTOGENBOSCH**

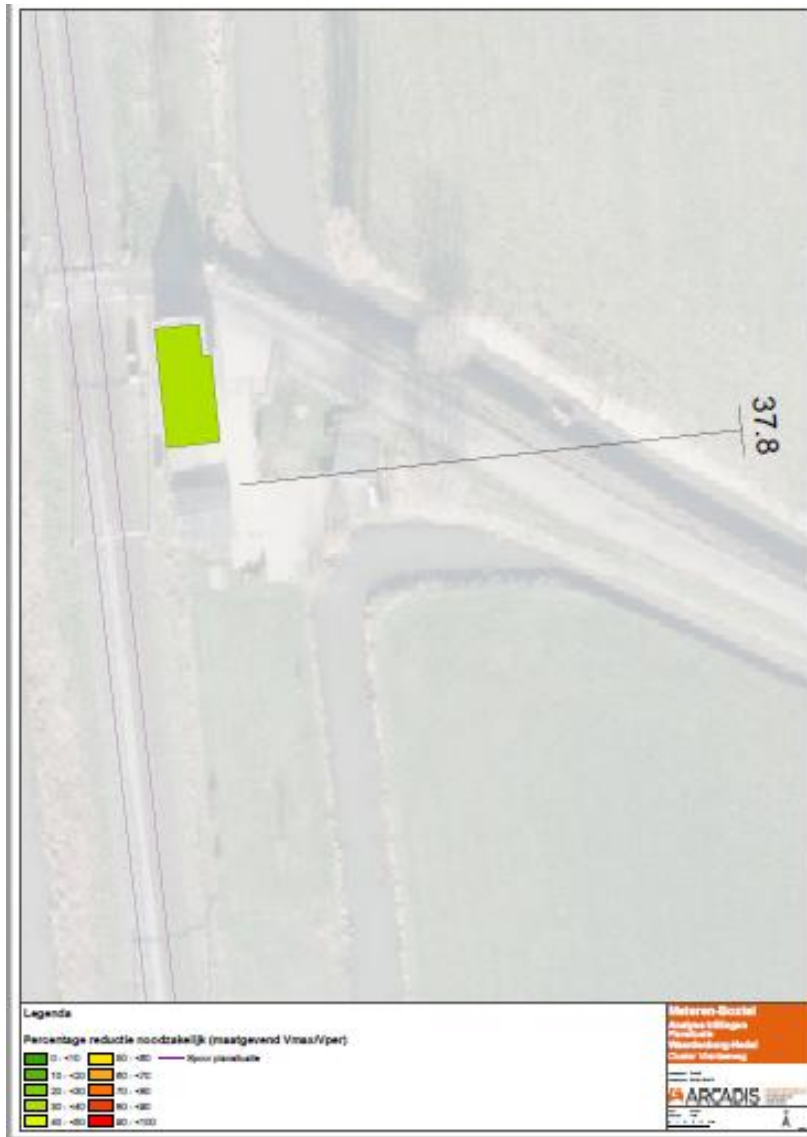
PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Detailkaart: Vliedseweg 4, Bruchum



Detailkaarten: Sint Lucasstraat en Sint Maartenstraat





Detailkaarten: Veemarktweg en Peellandstraat



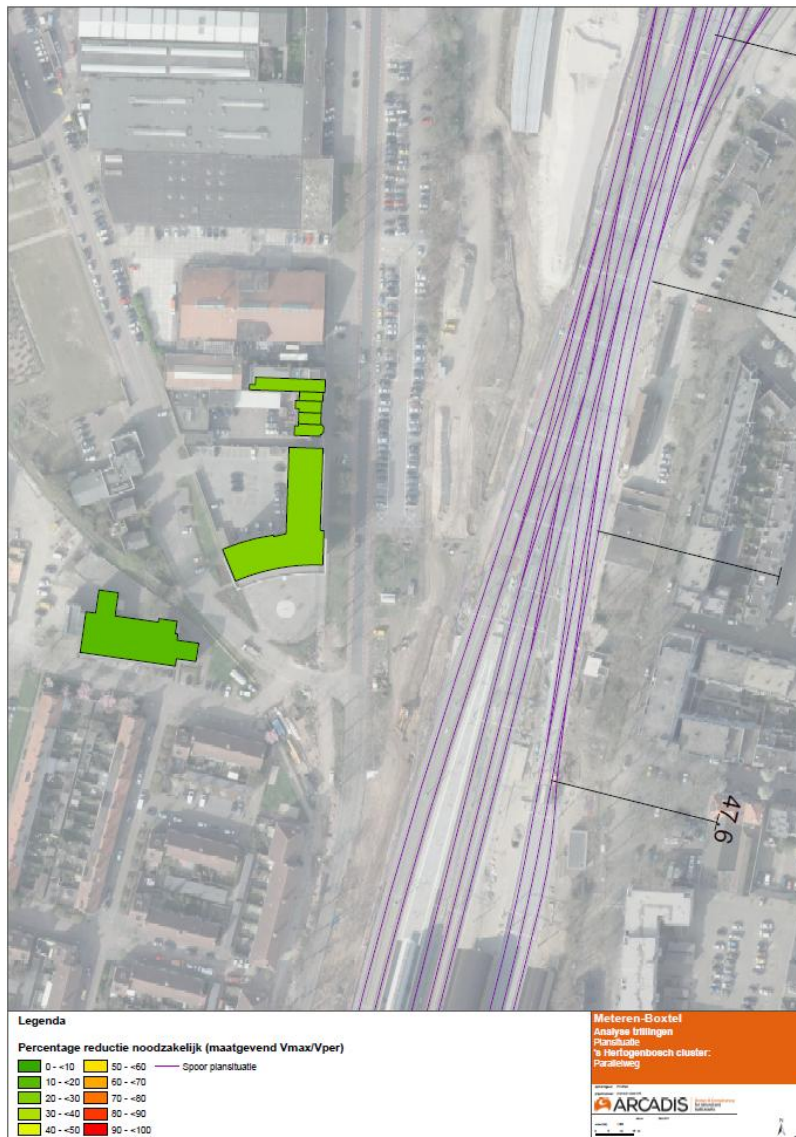




Detailkaarten: Orthen & Parallelweg





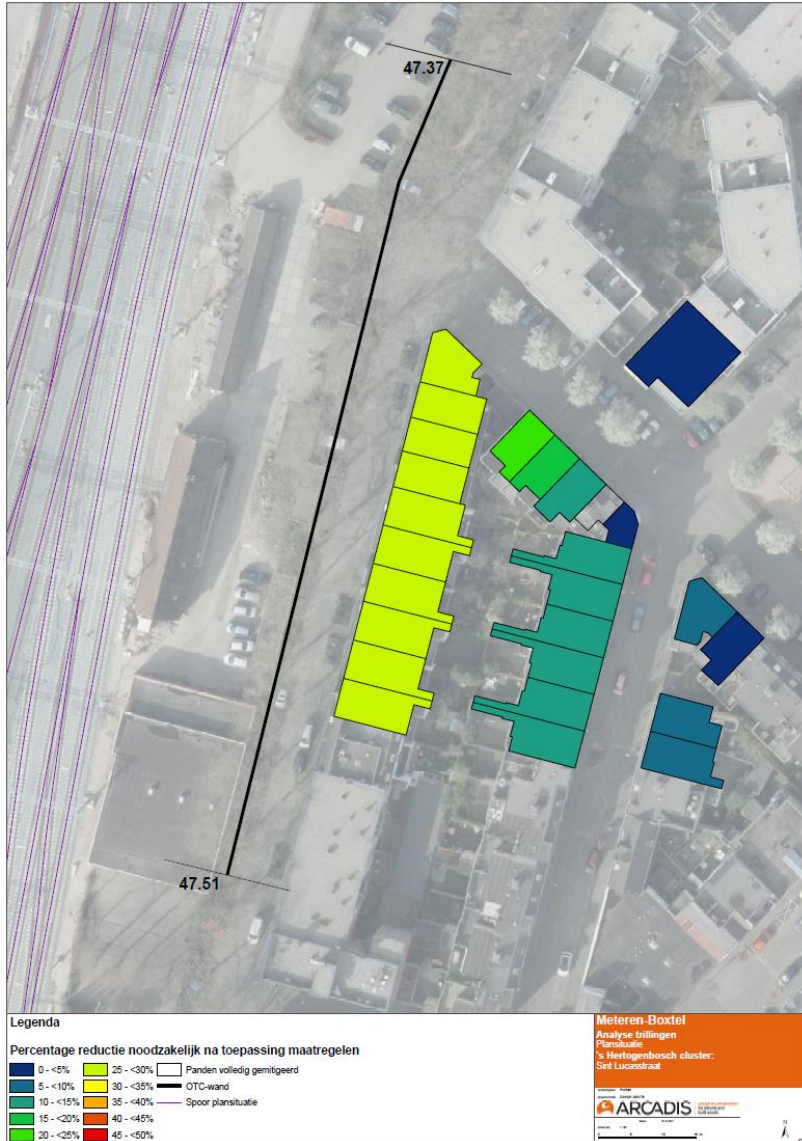


Detailkaart: Celsiusstraat



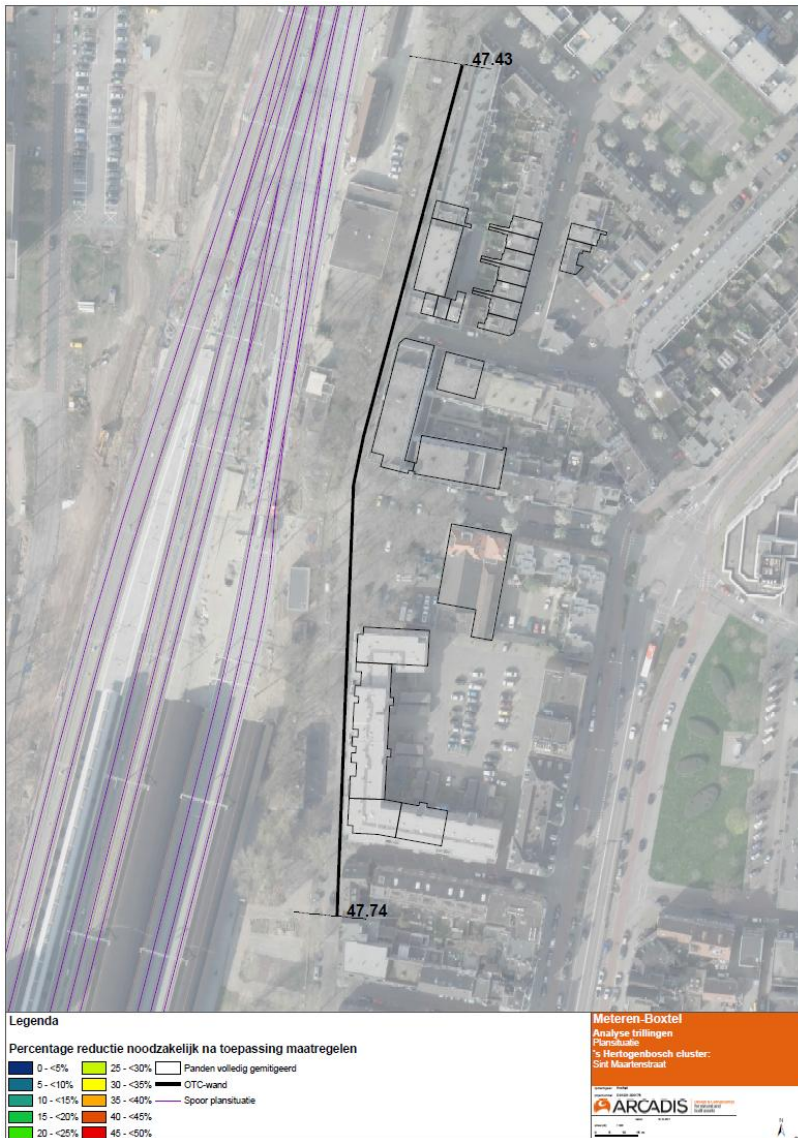
Maatregelset OTC

Maatregelenkaarten: Sint Lucasstraat en Sint Maartenstraat

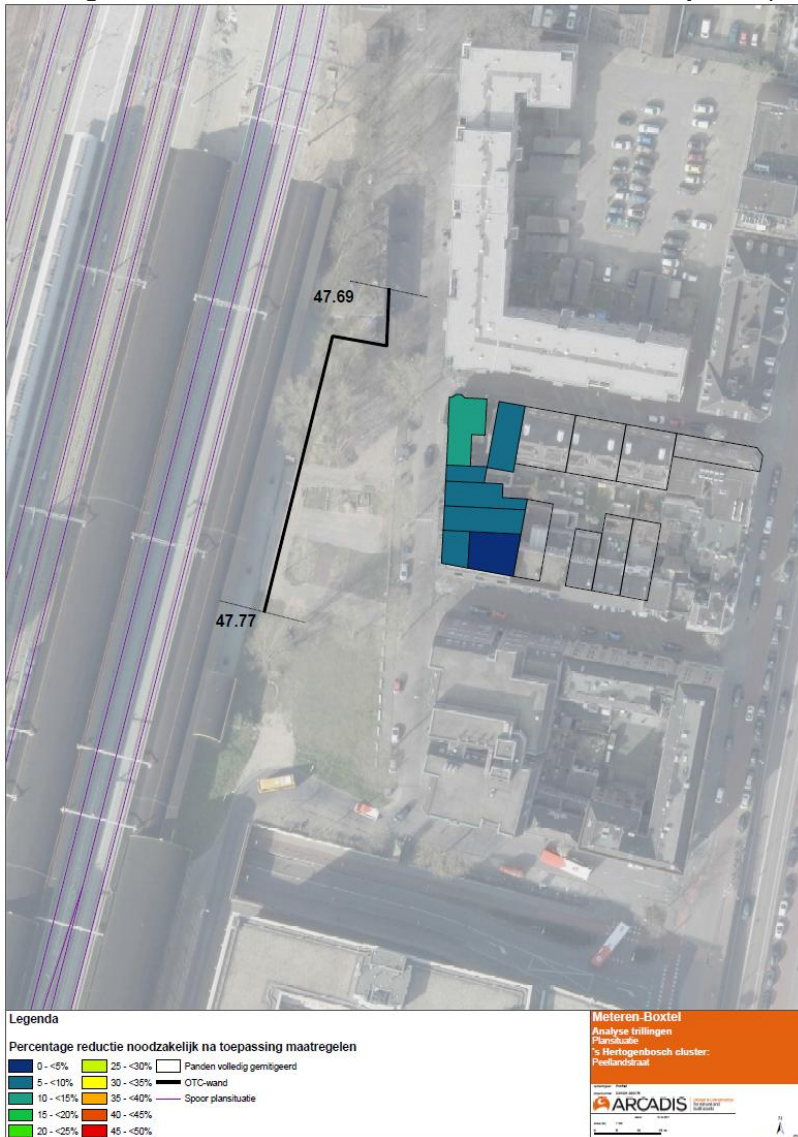




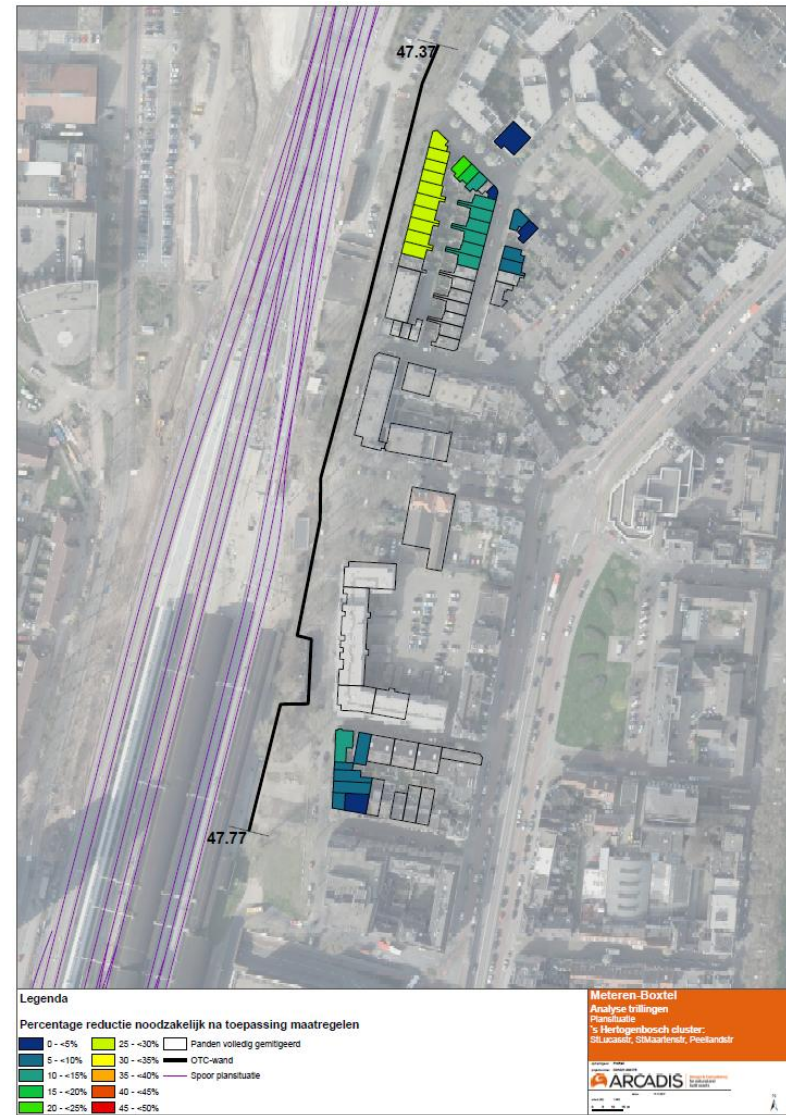
Maatregelset OTC



Maatregelenkaarten: Peellandstraat en combinaties oostzijde emplacement



Maatregelset OTC



Maatregelset OTC

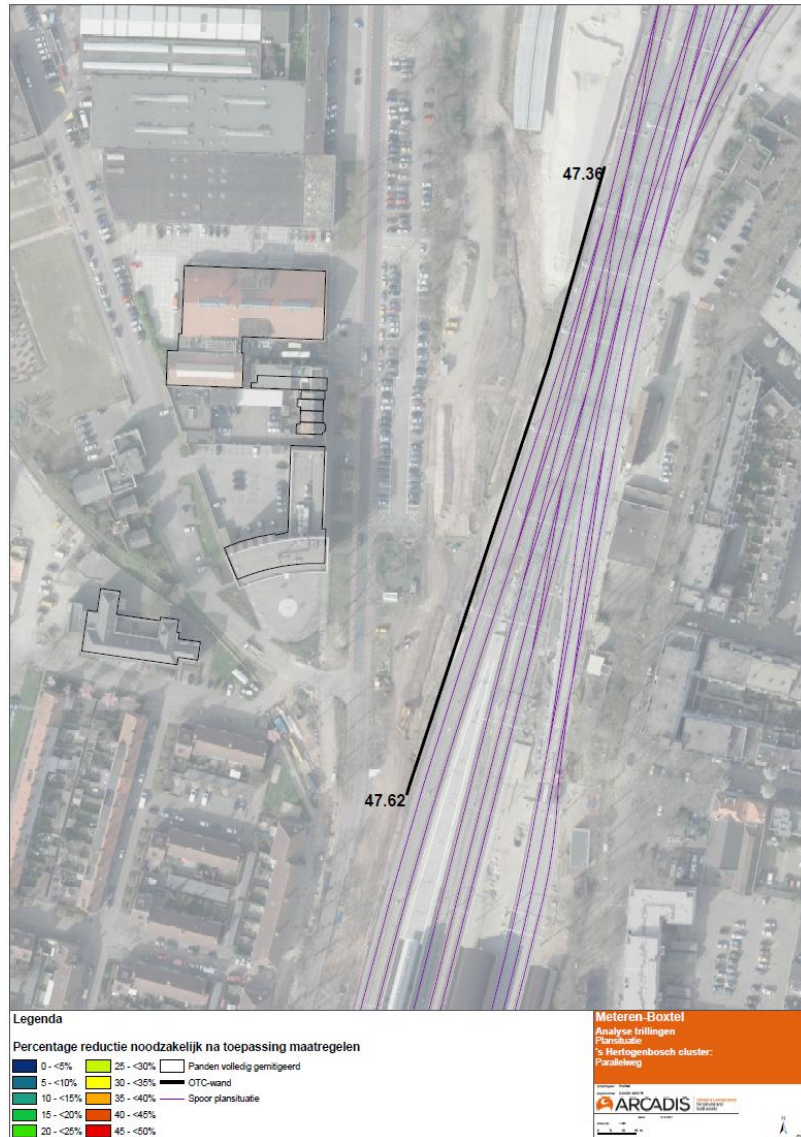


Maatregelset OTC

Maatregelenkaarten: Orthen en Parallelweg

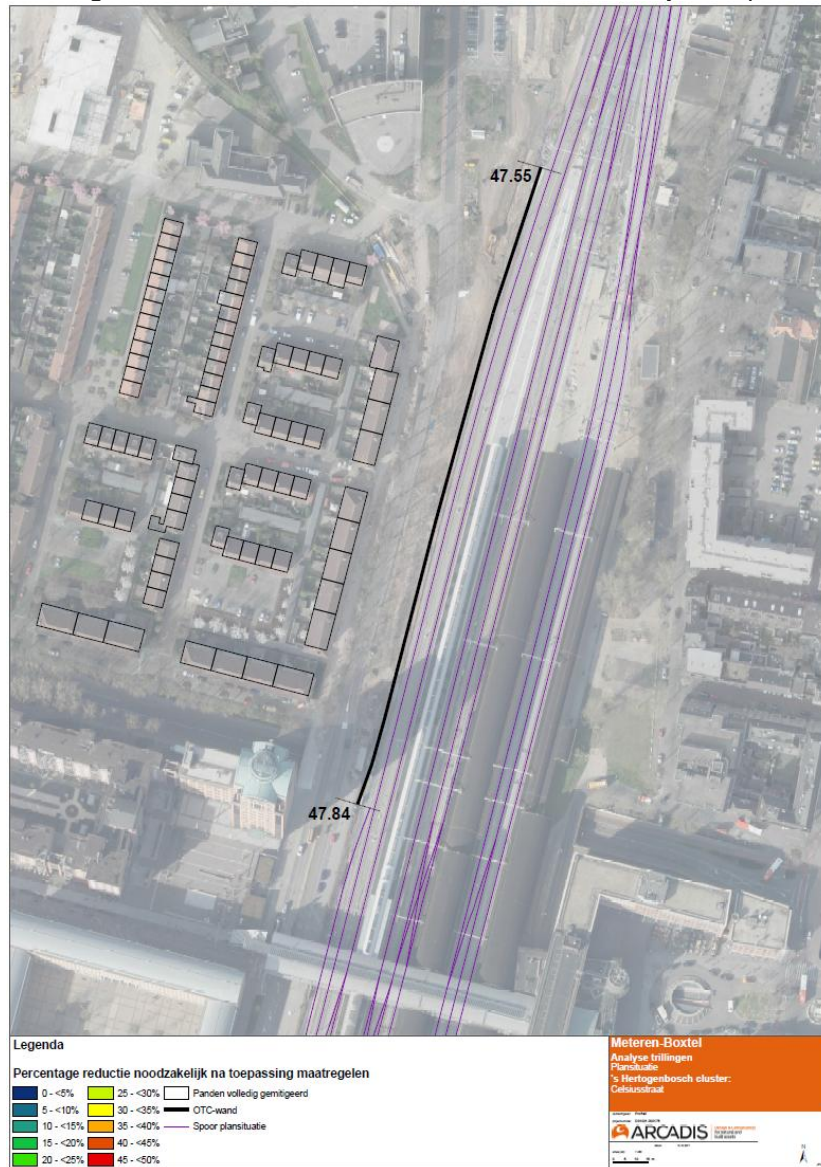


Maatregelset OTC



Maatregelenkaarten: Celciusstraat en combinatie westzijde emplacement

Maatregelset OTC





Maatregelenset OTC



PHS METEREN - BOXTEL

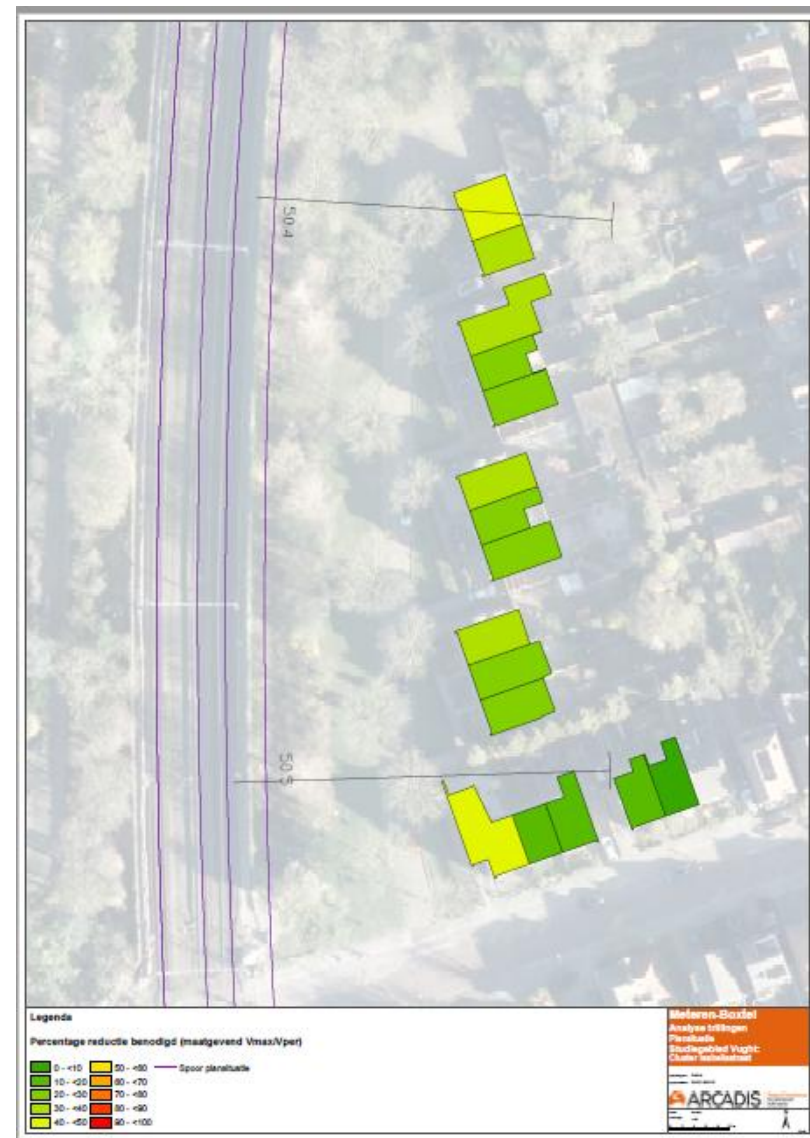
OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

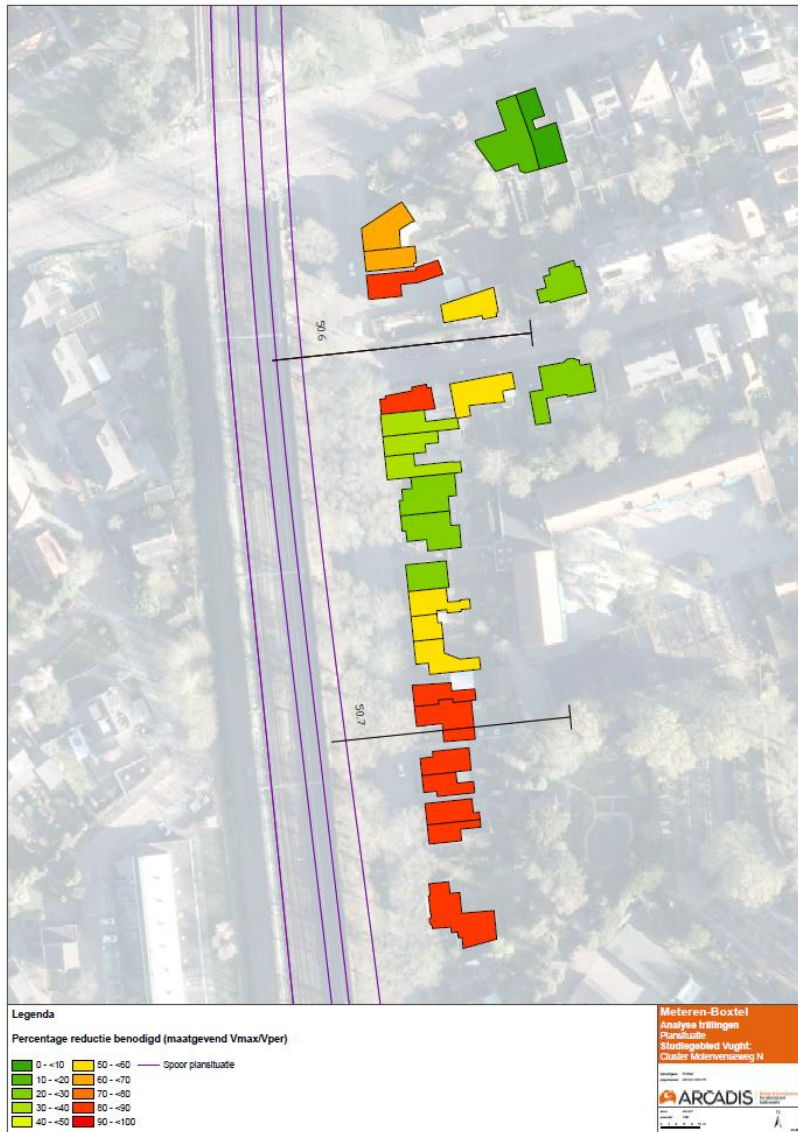
## **BIJLAGE D: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT PLANFASE**

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Detailkaarten: Isabellastraat & Molenvenseweg Noord







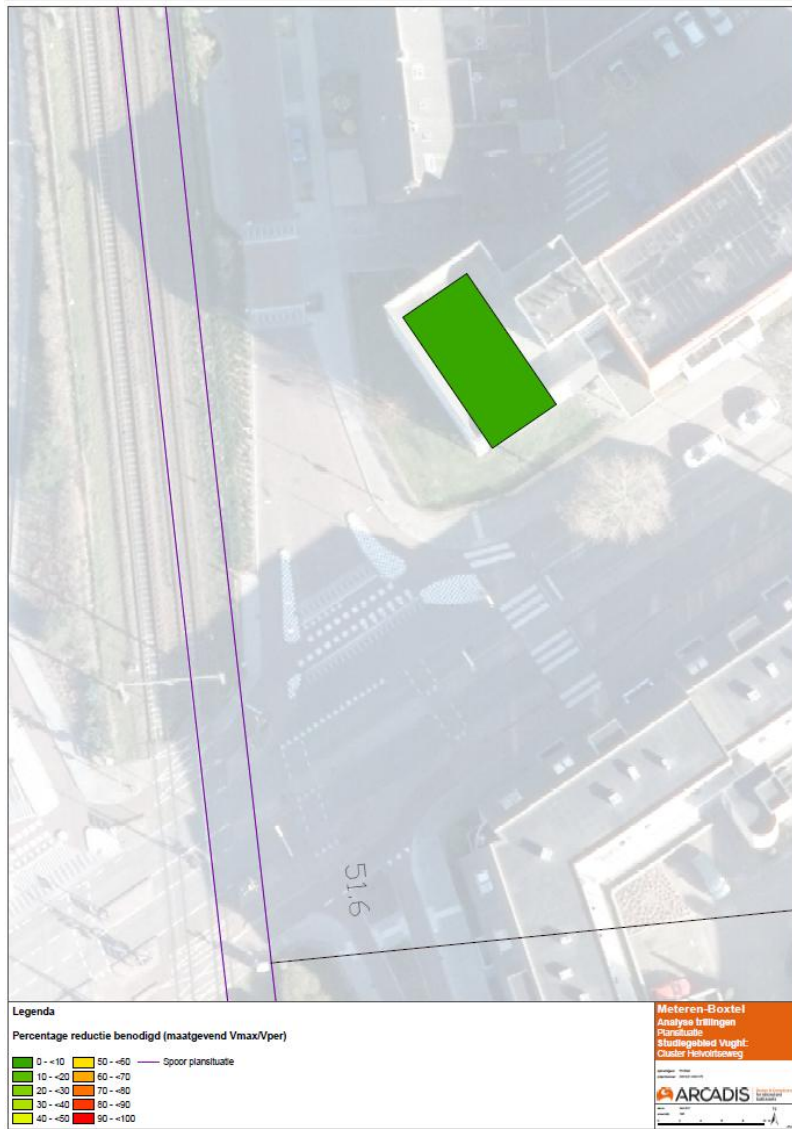


Detailkaarten: Rembrandterf & Rembrandtlaan

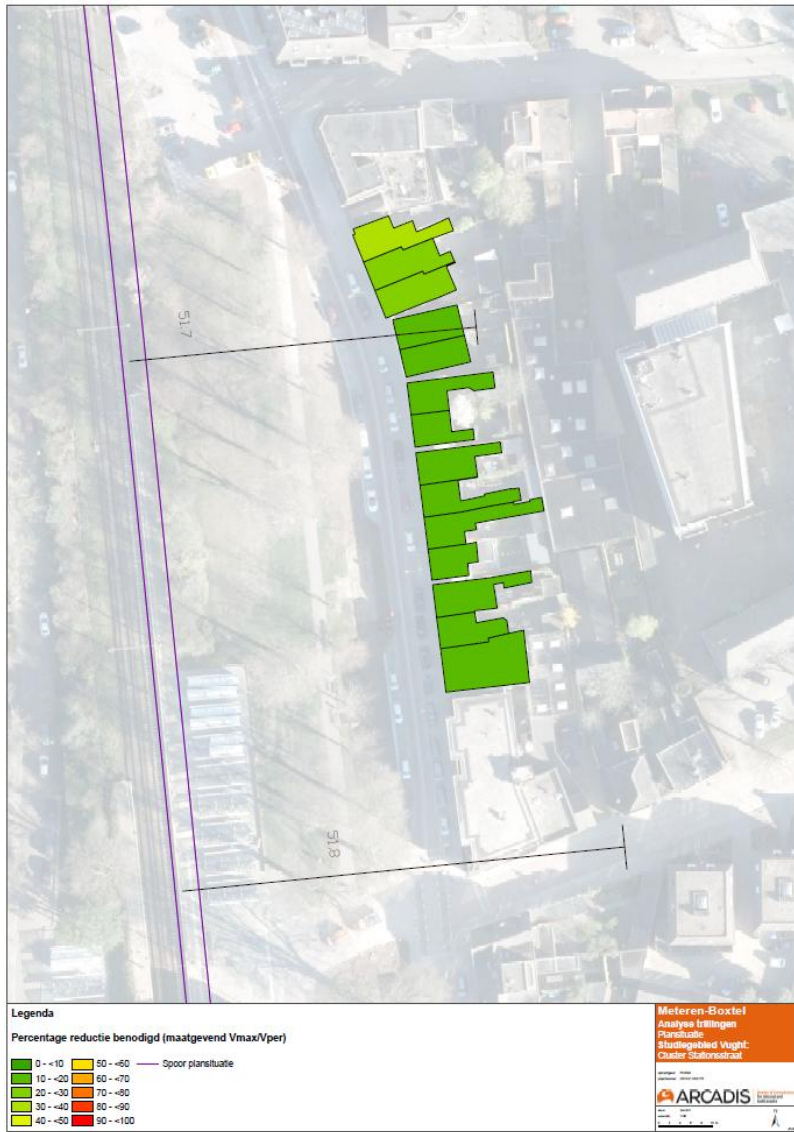


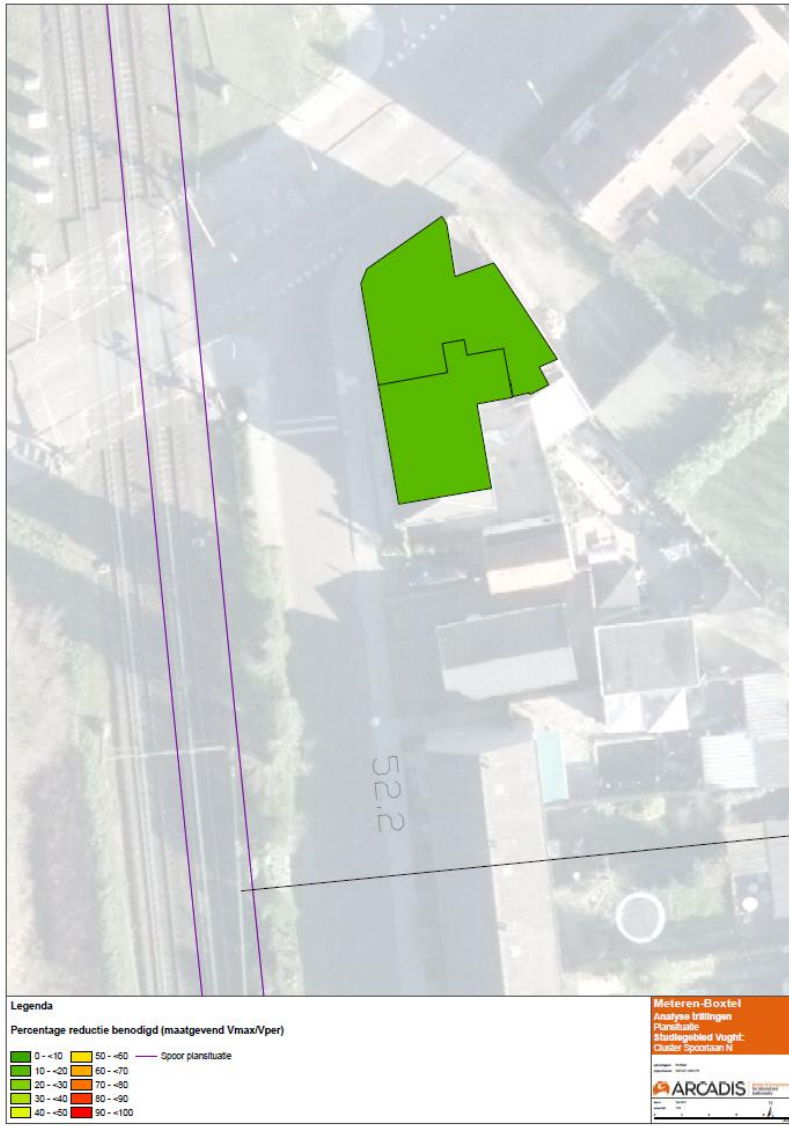


Detailkaarten: Helvoirtseweg & Smidshof



Detailkaarten Stationsstraat en Spoorlaan Noord





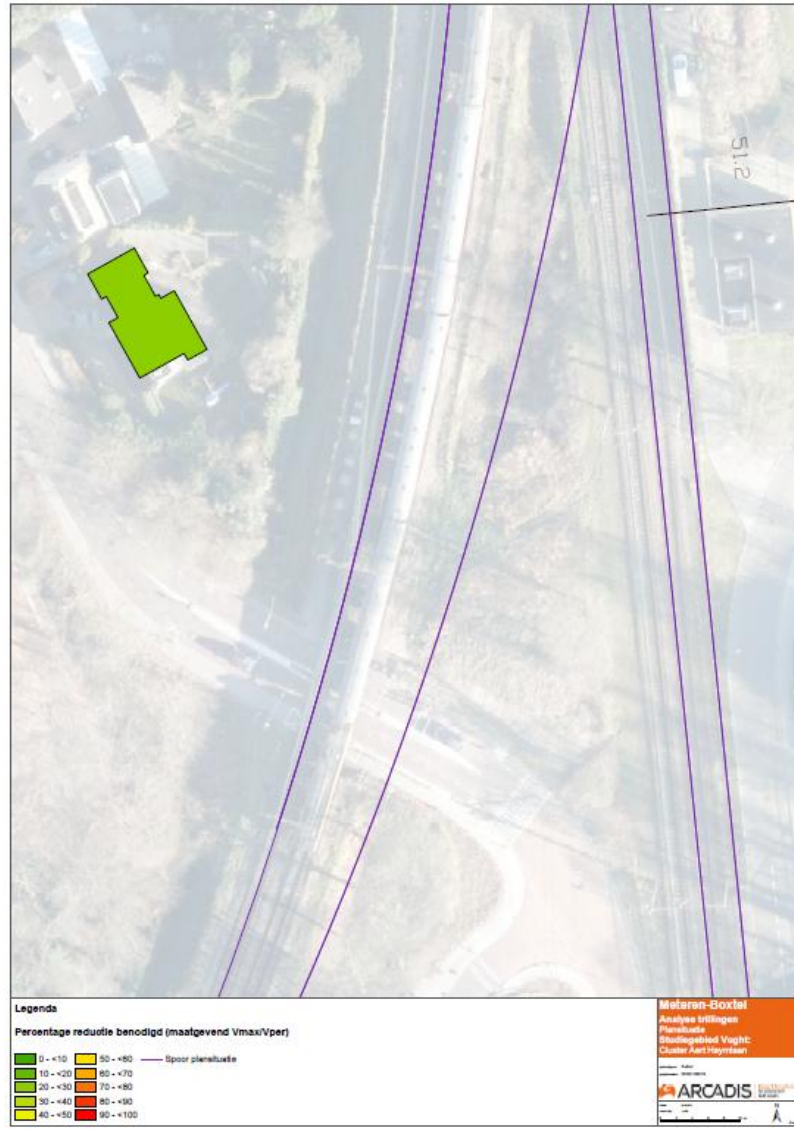
Detailkaarten: Spoorlaan Zuid en De Schakel







Detailkaarten Aart Heymlaan & Van Miertstraat



Maatregelenkaarten: Isabellastraat

Maatregelenet Betonplaat onder 2 sporen +OTC





Maatregelenet Betonplaat onder oostelijk spoor + OTC  
Maatregelenkaarten: Molenvenseweg Noord en Molenvenseweg Zuid







Maatregelenset Betonplaat onder 3 sporen +OTC



Maatregelenset OTC

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

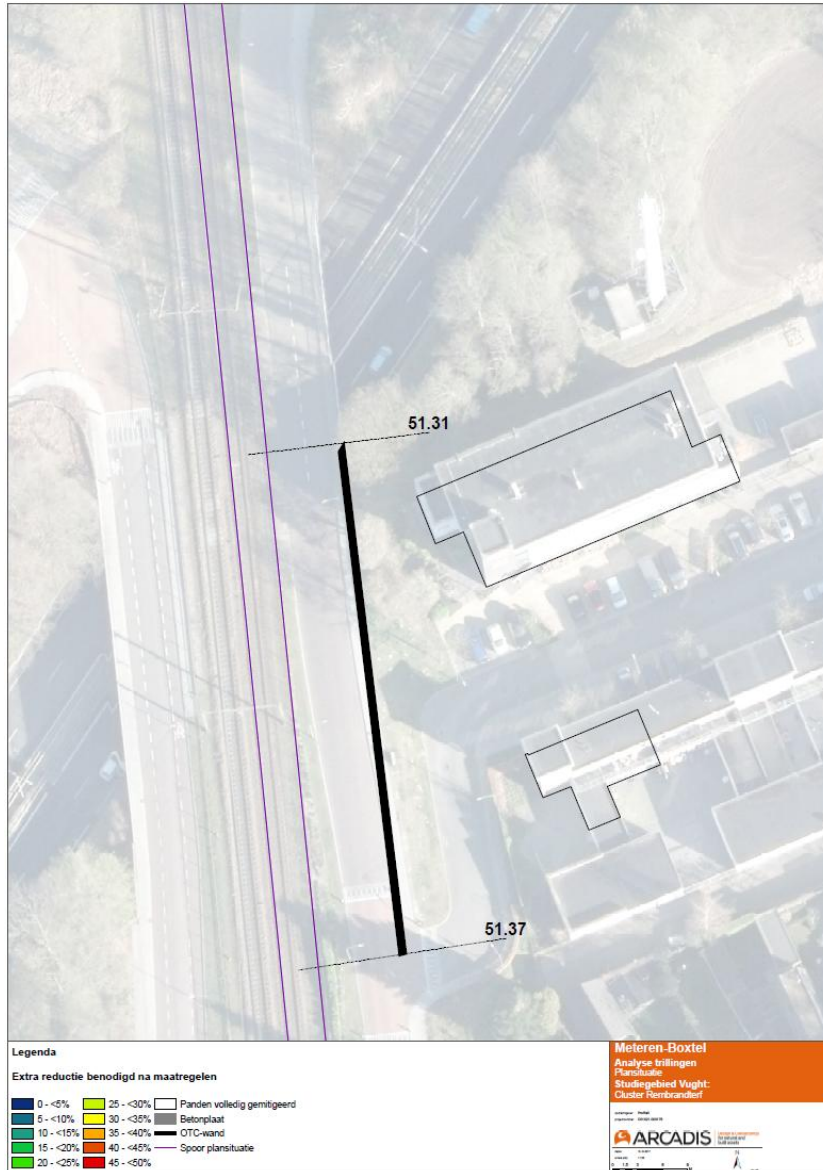
Maatregelenkaart: Pieter Bruegellaan

Maatregelset OTC



PHS METEREN - BOXTEL

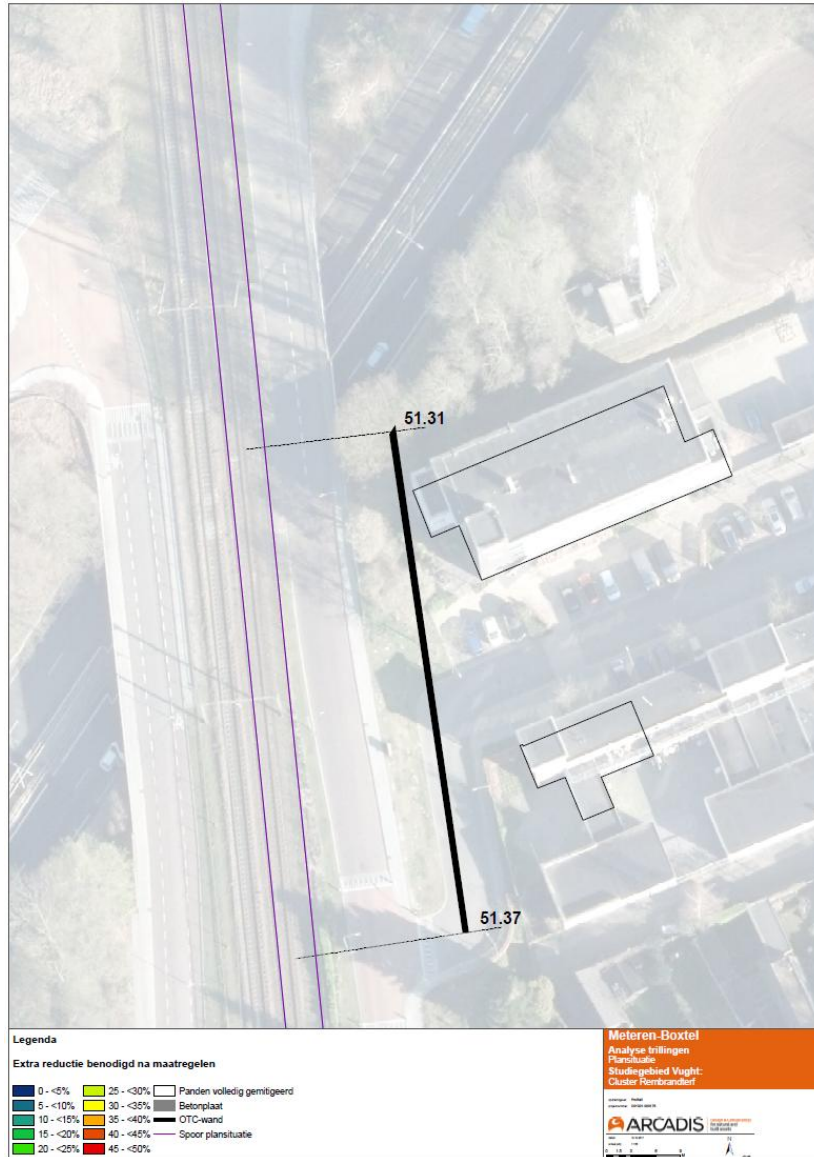
OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)





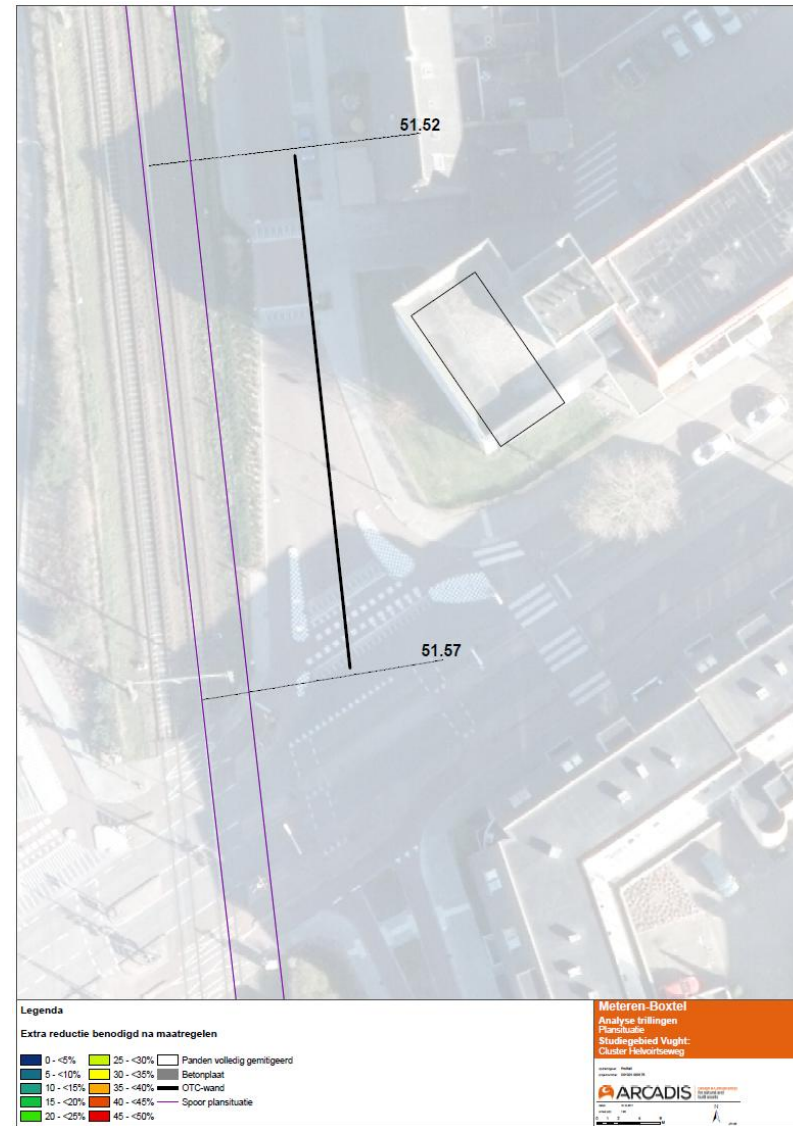
Maatregelset OTC op 13 m uit het spoor

Maatregelenkaarten: Rembrandtlaan en Helvoirtseweg





Maatregelset OTC





Maatregelset OTC

Maatregelenkaarten: Smidshof en Stationsstraat



Maatregelset OTC

Maatregelset OTC



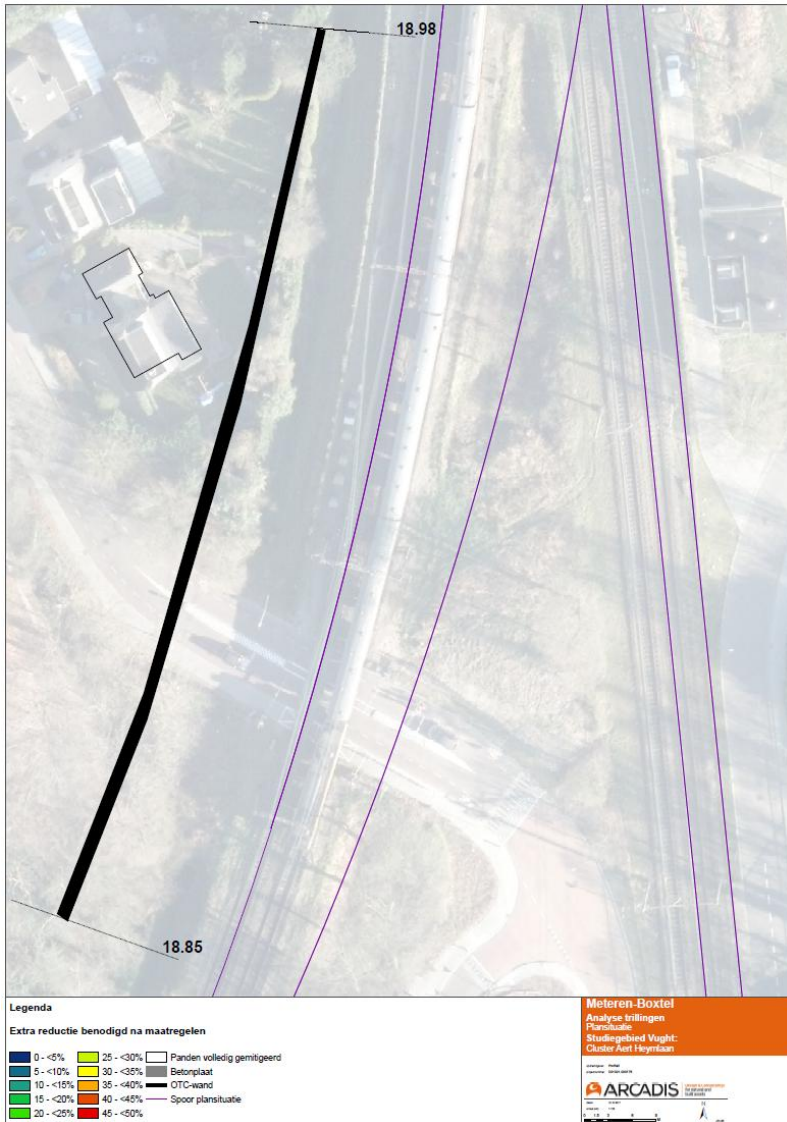




PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Maatregelenkaarten: Aert Heymlaam en Van Miertstraat



Maatregelset OTC



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Maatregelset OTC

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

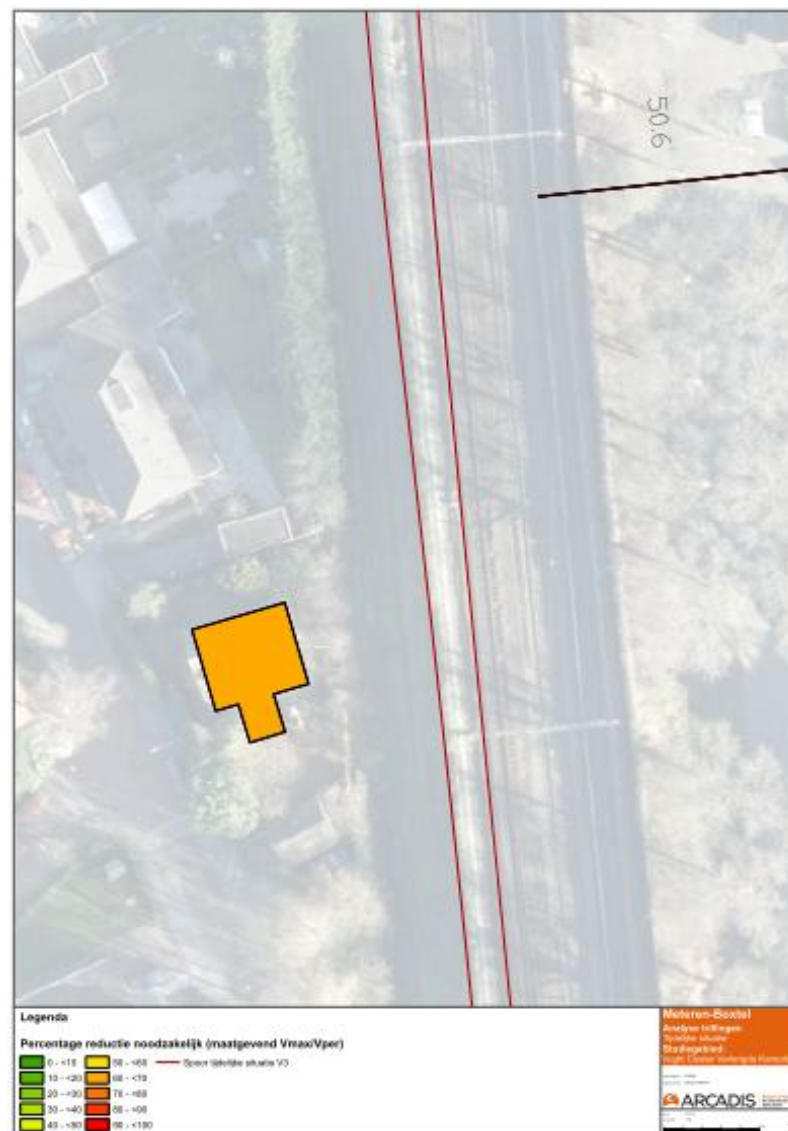
## **BIJLAGE E: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT UITVOERINGSFASE**



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Detailkaarten: Verlengde Kampdijklaan & Margrietlaan







PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)







Detailkaarten: Vesterplein & Van Miertstraat



Detailkaarten: Esschestraat & Bestevaer



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)





Maatregelenkaarten: Verlengde Kampdijklaan en Margrietlaan



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Maatregelset OTC

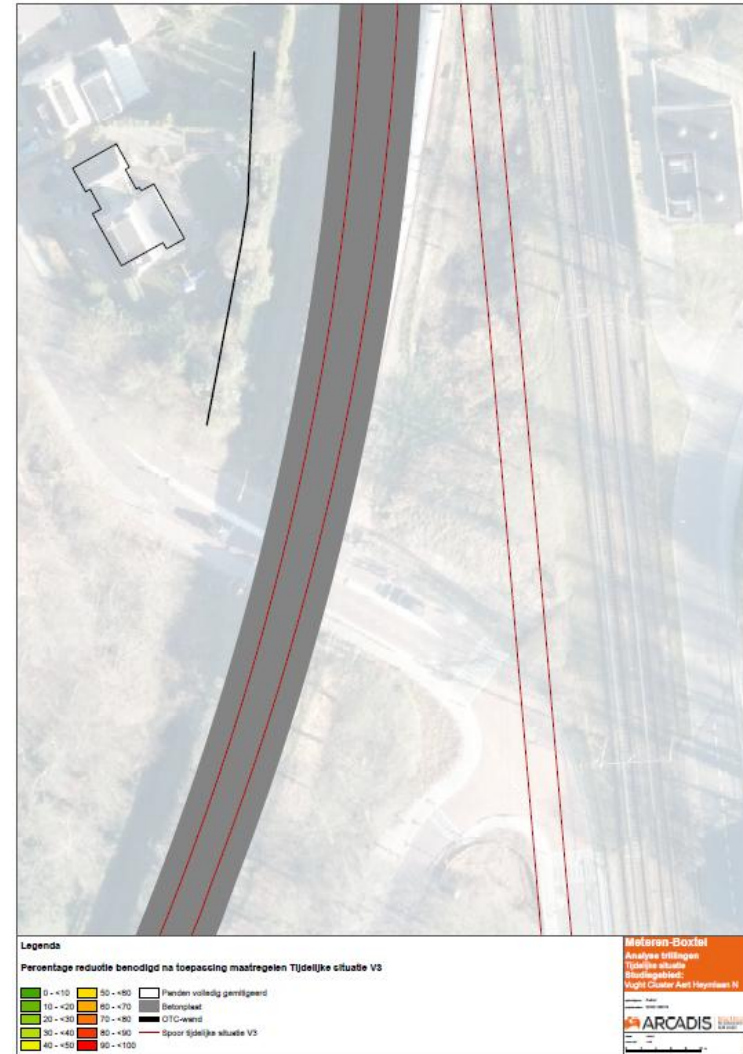
Maatregelenset Betonplaat voor 2 sporen



Maatregelenkaarten: Aart Heymlaan Noord



Maatregelenset betonplaat voor 2 sporen



Maatregelenset Betonplaat voor 2 sporen + OTC

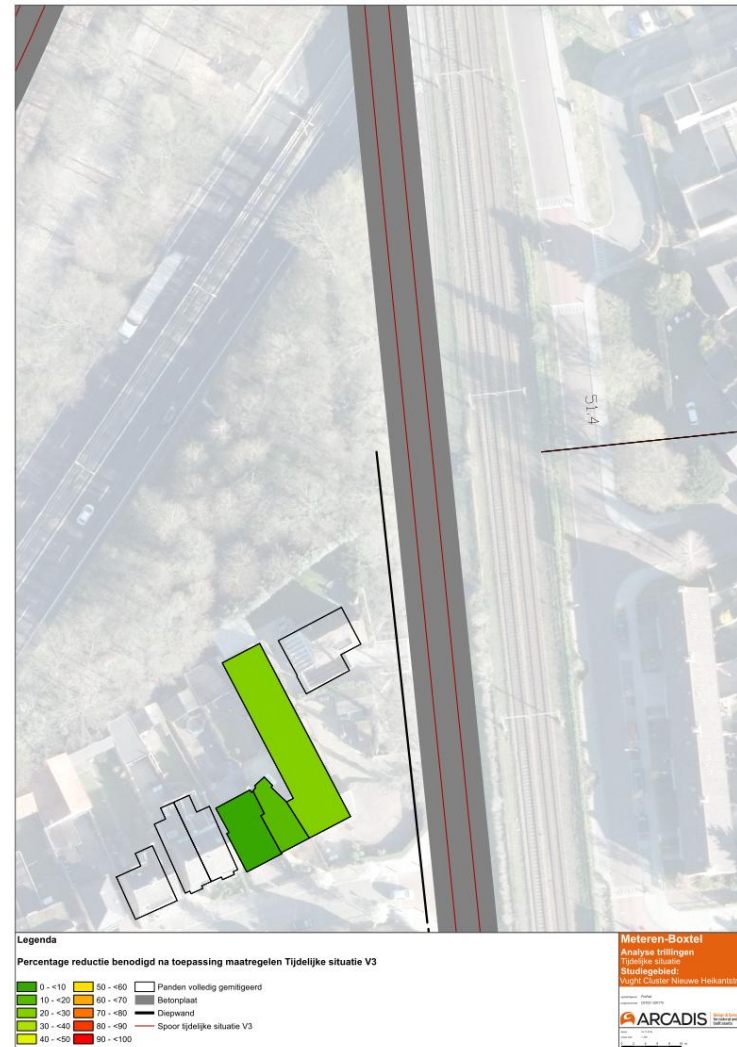
PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

Maatregelenkaarten: Nieuwe Heikantstraat



Maatregelenset betonplaat onder 2 sporen

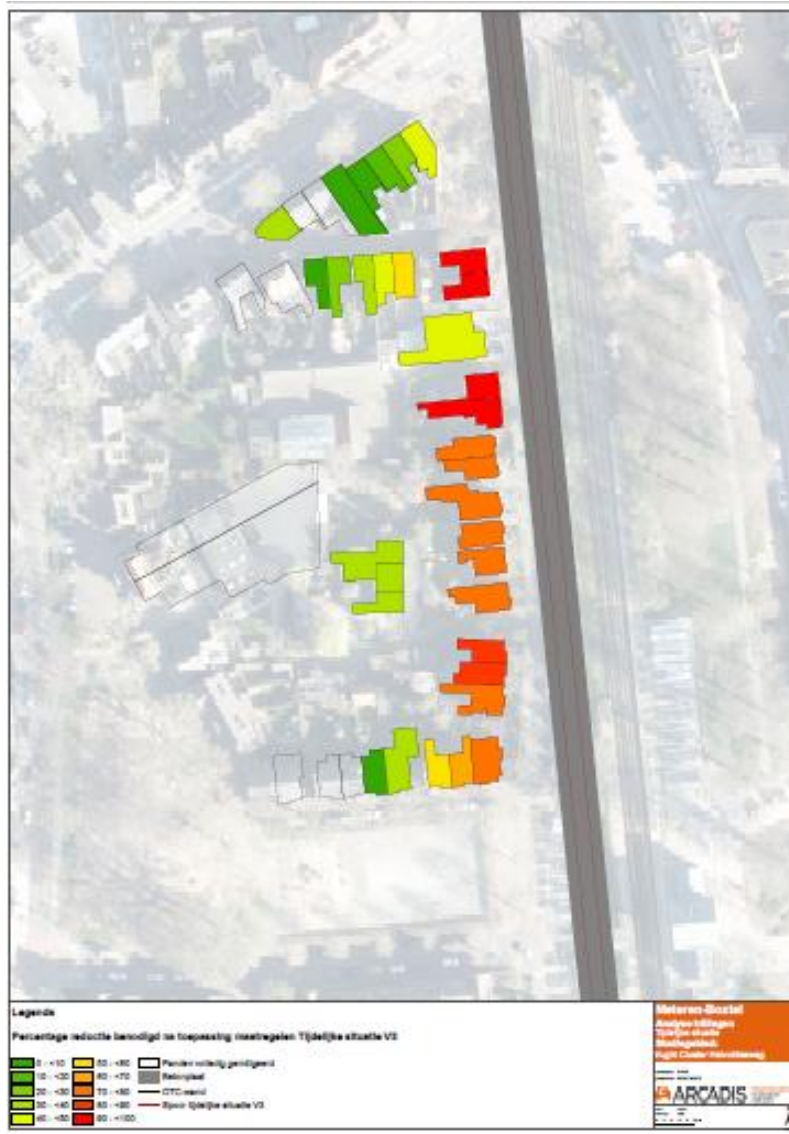


Maatregelenset betonplaat onder 2 sporen +OTC





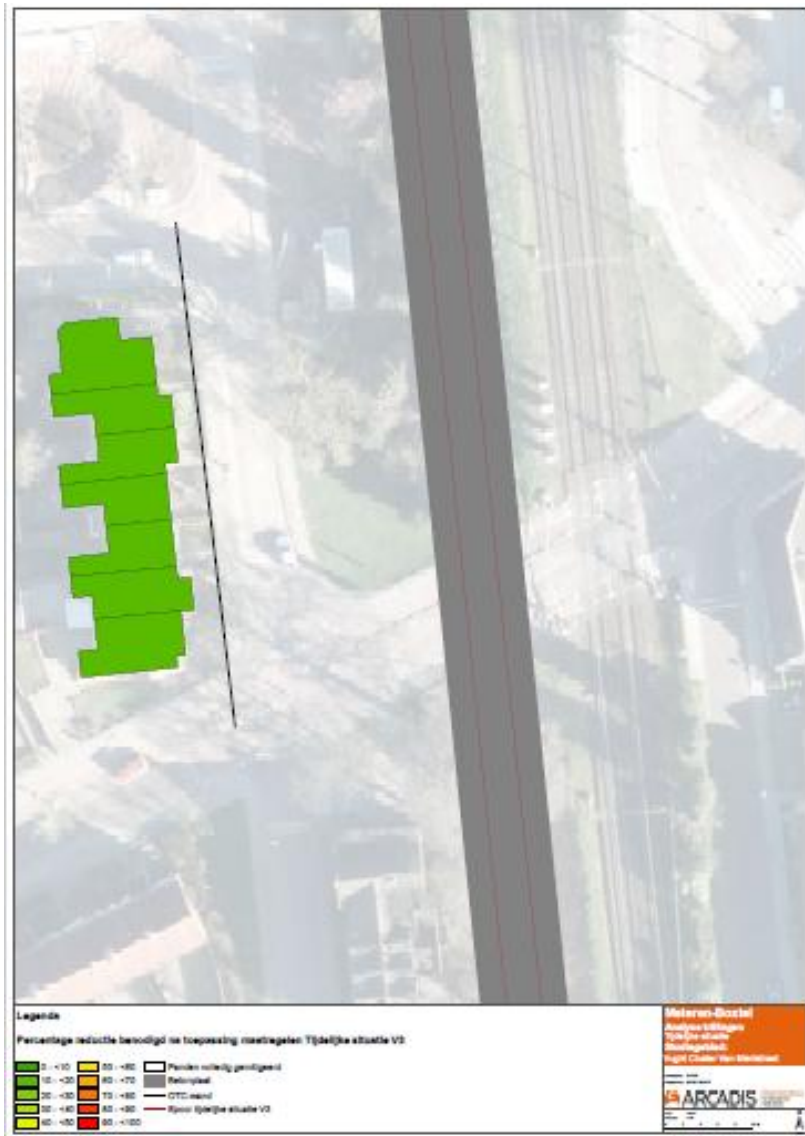
Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen



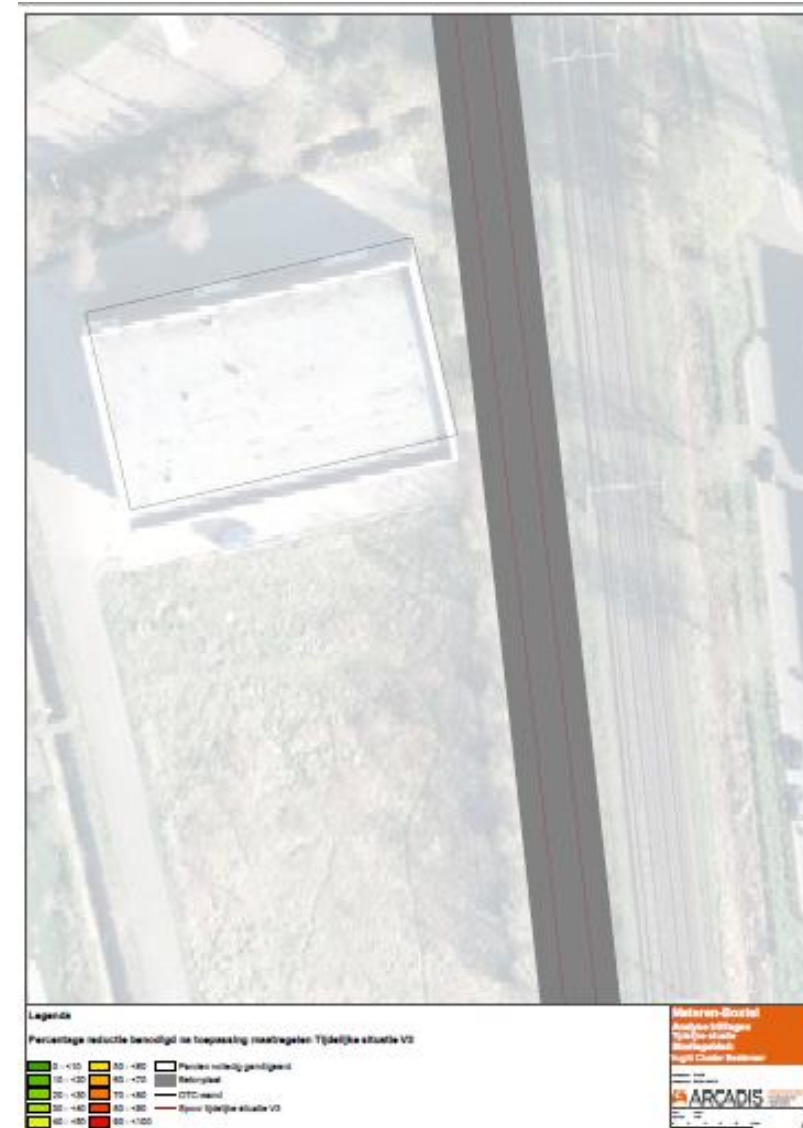




Maatregelenkaarten: Esschestraat en Bestevaer



Maatregelenset betonplaat onder 2 sporen + OTC





Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen

Maatregelen set betonplaat onder 2 sporen



Maatregelset betonplaat onder 2 sporen



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

## **BIJLAGE F: MAATREGELEN AFWEGING VUGHT-BOXTEL**

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

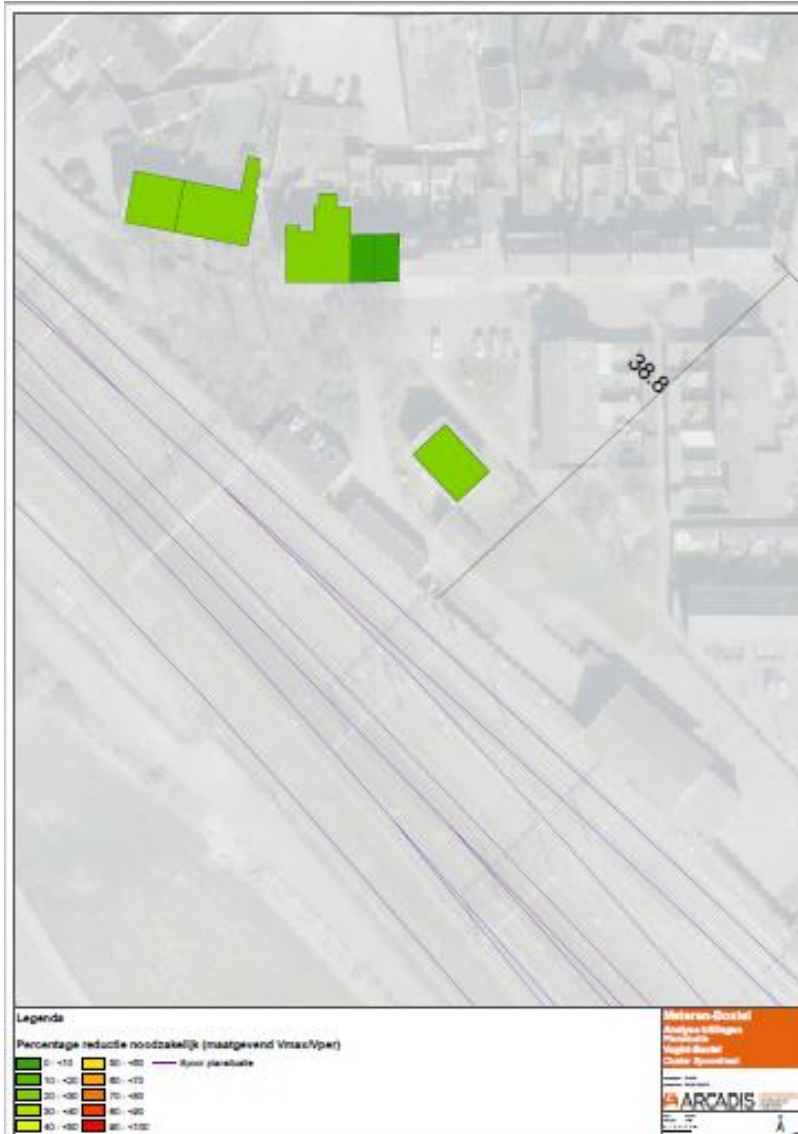


Detailkaarten: Van Salmstraat en Brugstraat





Detailkaarten: Spoorstraat en Stationsplein



PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

## **BIJLAGE G: OVERZICHT MAATREGELENAFWEGING**

Toelichting op tabel:

In deze bijlage opgenomen tabel wordt per afzonderlijk beschouwd cluster een overzicht verstrekt van de afgewogen maatregelen in stap 3 van de doelmatigheidsafweging. Er worden in de tabel per cluster maximaal 4 maatregelsets gepresenteerd.

In de maatregelkolommen (kolom nrs 5 t/m 8)) worden de volgende afkortingen gehanteerd:

- BP = betonplaat (op aardebaan)
- DW = diepwand (OTC)
- JW = jet-groutwand (OTC)
- MIP = MIP wand (OTC)

In kolom 9 is de maximale effectiviteit van de maatregelen sets weergegeven.

In kolom 10 is de addionele benodigde reductie na het toepassing van de maatregelen sets weergegeven.

In kolom 11 is het aantal woningen en het oppervlakte andere activiteits/bedrijfsruimten weergegeven.

In de kolommen 12 t/m 15 is voor elke maatregelset het aantal woningen cq. het vloeroppervlak van de overige panden weergegeven waarvoor de maatregel tot een volledige mitigatie leidt. Indien de maatregel voor alle afwegingspanden voldoende mitigatie oplevert is de cel "groen gemarkeerd".

De investeringskosten van de beschouwde maatregelsets zijn in de kolommen 16 t/m 19 vermeld. Op basis van de kosten en de gebruiksfunctie van de afwegingspanden is per maatregelset de kostendoelmatigheid bepaald, zoals weergegeven in de kolommen 20 t/m 23. In de cellen is middels een donker groene stip aangegeven wanneer deze set op basis van kostendoelmatigheid voldoet. Een rode stip betekent dat er geen kostendoelmatigheid is voor deze maatregelset.

In de kosten kolommen is per cluster-maatregel combinatie middels een gele markering aangegeven dat deze maatregelset voldoet op alle aspecten van doelmatigheid.

De analyse is voor alle clusters uitgevoerd op basis van een toetsing aan de bovengrens criteria van de Bts zoals beschreven in de rapportage (in tabel aangeduid als "Bts max situatie"). Per deelgebied is aanvullend de impact van de maatregelenafweging beoordeeld als deze wordt betrokken op de afwegingspanden waarvoor geldt dat ofwel de toename van  $v_{max}$  groter is dan 30% ofwel niet wordt voldaan aan toetstingscriteria voor  $v_{per}$ . Indien deze zogenaamde 30% regel voor een cluster tot een afwijkende streefwaarde voor de trillingsreductie leidt, is dit middels een grijsmarkering in kolom 2 weergegeven.







## **BIJLAGE H: OVERZICHT HET INVLOED VAN MAATREGELENSETS OP VMAX EN VPER**

### *Toelichting op tabel:*

In de navolgende tabel wordt voor de clusters waar een maatregel voor wordt toegepast het effect van de maatregel nader toegelicht in de vorm van Vmax en Vper na mitigatie.

### Toelichting op de kolommen:

In de kolommen 10 en 14 zijn de Vmax referentie en Vper referentie per rij panden weergegeven.

In de kolommen 11 en 15 zijn de Vmax doelwaarde en Vper doelwaarde per rij panden weergegeven.

In de kolommen 12 en 16 zijn de plansituatie Vmax en plansituatie Vper per rij panden weergegeven.

In de kolommen 13 en 17 zijn de overschrijding reductie van Vmax en overschrijding reductie van Vper per rij panden weergegeven.

In kolom 18 is het effectiviteit van de maatregelset per rij panden weergegeven.

In de kolommen 19 t/m 20 zijn de gereduceerde waarden van Vmax en Vper als gevolg van de mitigatie door de maatregelset weergegeven.

In deze tabel worden de resultaten voor cluster cluster Sint Lucasstraat (met 30% regel), Sint Maartenstraat, cluster Peellandstraat (met 30% regel), cluster Parallelweg, cluster Celciusstraat gepresenteerd.

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

## Cluster Sint Lucasstraat (30% regel)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal		Kilometre			Vmax ref	Vmax		Reductie	Vper ref	Vper		Reductie	Maatregelset	effectiviteit	Vmax	Vper
				panden	Bouwjaar	Locatie	ring	D_ref		de	Max			Vmax	e					
7961206866	's-Hertogenbosch	Sint Crispijnstraat	4,6,8,10,14,2,12	7	1988	Oost	47.41	77.63	0.951	1.237	1.385	11%	0.192	0.192	0.215	11%	58%	0.583	0.090	
7961213258	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	365,367	2	1988	Oost	47.42	46.28	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	46%	0.997	0.154	
7961272540	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	361,363	2	1910	Oost	47.43	46.08	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	47%	0.996	0.153	
7961223060	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	38,40	2	1911	Oost	47.43	59.22	1.126	1.464	1.639	11%	0.226	0.226	0.254	11%	47%	0.871	0.135	
7961272539	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	357,359	2	1910	Oost	47.44	46.09	1.280	1.663	1.862	11%	0.256	0.256	0.287	11%	47%	0.996	0.153	
7961203554	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	34,36	2	1988	Oost	47.44	63.30	1.084	1.409	1.578	11%	0.218	0.218	0.244	11%	48%	0.815	0.126	
7961252809	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	30,32	2	1911	Oost	47.44	67.82	1.044	1.357	1.519	11%	0.210	0.210	0.235	11%	50%	0.757	0.117	
7961274746	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	28	1	1911	Oost	47.44	74.29	0.978	1.271	1.423	11%	0.197	0.197	0.221	11%	55%	0.641	0.099	
7961232803	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	353,355	2	1988	Oost	47.44	45.97	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.005	0.155	
7961206431	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	54	1	1911	Oost	47.44	78.90	0.943	1.225	1.372	11%	0.190	0.190	0.213	11%	59%	0.564	0.088	
7961252808	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	349,351	2	1988	Oost	47.45	45.83	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.004	0.155	
7961272541	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	50,52	2	1911	Oost	47.45	66.20	1.054	1.397	1.534	9%	0.212	0.212	0.238	11%	49%	0.775	0.120	
7961223059	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	347,345	2	1988	Oost	47.45	45.70	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.003	0.155	
7961236193	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat,Sint Maartenstraat	26,19	2	1911	Oost	47.46	93.66	0.823	1.070	1.198	11%	0.125	0.125	0.136	8%	52%	0.569	0.065	
7961252810	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	46,48	2	1911	Oost	47.46	66.18	1.054	1.370	1.534	11%	0.212	0.212	0.238	11%	49%	0.775	0.120	
7961265037	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	22,24	2	1911	Oost	47.46	97.98	0.794	1.032	1.156	11%	0.078	<A3	0.068	0%	58%	0.490	0.029	
7961252807	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	341,343	2	1988	Oost	47.46	45.57	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.003	0.154	
7961213259	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	44,42	2	1911	Oost	47.46	65.92	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.784	0.121	
7961203553	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	337,339	2	1988	Oost	47.47	45.31	1.293	1.697	1.881	10%	0.259	0.259	0.290	11%	47%	1.001	0.154	
7961213260	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	38,40	2	1911	Oost	47.47	65.90	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.784	0.121	
7961252806	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	333,335	2	1911	Oost	47.48	44.94	1.306	1.697	1.901	11%	0.261	0.261	0.293	11%	47%	1.009	0.155	
7961214654	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	15,17	2	1911	Oost	47.48	93.04	0.823	1.070	1.198	11%	0.125	0.125	0.136	8%	52%	0.579	0.066	
7961242708	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	36,34	2	1911	Oost	47.48	65.31	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.788	0.122	
7961213257	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	329,331	2	1988	Oost	47.48	44.57	1.306	1.697	1.901	11%	0.261	0.261	0.293	11%	47%	1.007	0.155	
7961274325	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	30,32	2	1911	Oost	47.48	65.24	1.064	1.383	1.548	11%	0.214	0.214	0.240	11%	49%	0.788	0.122	
7961227641	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	11,13	2	1987	Oost	47.48	92.68	0.830	1.079	1.209	11%	0.126	0.126	0.137	8%	51%	0.588	0.067	

## Cluster Sint Maartenstraat

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax e	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper e	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961279318	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	327,325	2	1911	Oost	47.49	44.18	0.224	0.291	0.379	23%	0.119	0.119	0.121	2%	37%	0.238	0.076
7961267403	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	7,9	2	1987	Oost	47.49	92.33	0.151	0.197	0.256	23%	0.058	<A3	0.057	0%	40%	0.154	0.034
7961242709	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	28,26	2	1911	Oost	47.49	64.54	0.188	0.245	0.319	23%	0.099	<A3	0.100	0%	42%	0.184	0.058
7961254897	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	22,24	2	1911	Oost	47.49	64.48	0.188	0.245	0.319	23%	0.099	<A3	0.100	0%	42%	0.184	0.058
7961258368	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	3	1	1985	Oost	47.50	91.64	0.152	0.198	0.258	23%	0.058	<A3	0.058	0%	40%	0.156	0.035
7961259364	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	18,20	2	1911	Oost	47.50	63.86	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	41%	0.126	0.033
7961257010	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	293,295,297,299,301,303,305,;	16	1985	Oost	47.50	42.70	0.152	0.198	0.258	23%	0.070	<A3	0.068	0%	37%	0.163	0.043
7961232783	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	14,16	2	1911	Oost	47.51	63.79	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	41%	0.126	0.033
7961203556	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	10,12	2	1911	Oost	47.51	63.16	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	40%	0.128	0.033
7961213261	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	8,6	2	1911	Oost	47.52	63.09	0.127	0.165	0.215	23%	0.058	<A3	0.056	0%	40%	0.128	0.033
7961227302	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	17,11	2	1985	Oost	47.52	55.83	0.135	0.176	0.229	23%	0.062	<A3	0.060	0%	34%	0.151	0.040
7961257011	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	15	1	1985	Oost	47.52	46.78	0.147	0.190	0.248	23%	0.067	<A3	0.065	0%	38%	0.153	0.040
7961237221	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	13,19	2	1985	Oost	47.52	51.30	0.140	0.182	0.238	23%	0.064	<A3	0.062	0%	35%	0.155	0.041
7961223061	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	2,4	2	1911	Oost	47.52	67.17	0.123	0.159	0.208	23%	0.056	<A3	0.054	0%	47%	0.110	0.029
7961225481	's-Hertogenbosch	Cuperinusstraat	30,26,28	3	1990	Oost	47.54	56.43	0.134	0.175	0.227	23%	0.062	<A3	0.060	0%	34%	0.149	0.039
7961209307	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat	63,65,69,71,75,77,79,81,83,85,;	52	1991	Oost	47.56	36.22	0.161	0.209	0.273	23%	0.074	<A3	0.072	0%	36%	0.176	0.046
7961235036	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat	27,29,25,23	4	1991	Oost	47.58	50.91	0.141	0.184	0.240	23%	0.065	<A3	0.063	0%	25%	0.179	0.047
7961278342	's-Hertogenbosch	Kempenlandstraat,Boschveldweg	14,16,18,20,22,201,203,205,20	12	1913	Oost	47.61	62.21	0.128	0.166	0.216	23%	0.058	<A3	0.056	0%	29%	0.153	0.040
7961206584	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	85,87,89,91,95,97,99,105,107,;	18	1985	Oost	47.64	35.76	0.162	0.211	0.275	23%	0.075	<A3	0.072	0%	27%	0.202	0.053
7961220252	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	39,43,45,47,53,55,59,61,63,67,;	24	1985	Oost	47.67	36.67	0.161	0.209	0.273	23%	0.074	<A3	0.072	0%	27%	0.200	0.053
7961276035	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	34,36,38,42,44,46,48,52,54,50,;	11	1985	Oost	47.69	62.75	0.128	0.166	0.216	23%	0.058	<A3	0.056	0%	30%	0.151	0.039
7961215379	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	56,58,60,64,66,68,70,72,74,76,;	14	1985	Oost	47.70	44.41	0.149	0.194	0.253	23%	0.069	<A3	0.066	0%	28%	0.182	0.048



## Cluster Peellandstraat (30% regel)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax doelwaarde	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper doelwaarde	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961247168	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	1	1	1910	Oost	47.71	100.91	0.535	0.695	0.778	11%	0.000	<A3	0.000	0%	62%	0.292	0.000
7961436844	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	3,5,7,7A,5A,5B,7B,7C	8	1953	Oost	47.72	89.24	0.572	0.744	0.833	11%	0.021	<A3	0.021	0%	52%	0.398	0.010
7961436845	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	9,9A,13,11,9B,9C,11A,11B	8	1953	Oost	47.72	77.57	0.619	0.804	0.901	11%	0.064	<A3	0.052	0%	59%	0.372	0.022
7961436846	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	15,17,19,19A,17A,17B,19B	8	1953	Oost	47.72	65.89	0.672	0.873	0.978	11%	0.141	ref>plan	0.141	0%	50%	0.488	0.070
7961278872	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	23,21,25,27,29	5	1953	Oost	47.72	59.93	0.701	0.912	1.021	11%	0.149	ref>plan	0.148	0%	48%	0.530	0.077
7961236488	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	33,35	2	1954	Oost	47.72	48.71	0.762	0.990	1.109	11%	0.163	ref>plan	0.162	0%	47%	0.593	0.087
7961268405	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	33	1	1954	Oost	47.73	51.94	0.744	0.968	1.083	11%	0.159	ref>plan	0.158	0%	45%	0.595	0.087
7961248916	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	29,31	2	1890	Oost	47.73	52.67	0.739	0.960	1.075	11%	0.158	ref>plan	0.157	0%	44%	0.600	0.088
7961234962	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	11,13	2	1950	Oost	47.74	96.15	0.548	0.712	0.797	11%	0.000	<A3	0.000	0%	56%	0.349	0.000
7961262653	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	27B,27C,27D,27E,27F,2	9	1950	Oost	47.74	53.79	0.733	0.953	1.067	11%	0.156	ref>plan	0.156	0%	44%	0.594	0.087
7961234961	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	17,15	2	1910	Oost	47.74	89.77	0.572	0.744	0.833	11%	0.021	<A3	0.021	0%	51%	0.407	0.010
7961275606	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	23	1	1952	Oost	47.74	71.63	0.644	0.838	0.938	11%	0.135	ref>plan	0.134	0%	54%	0.430	0.062
7961205584	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	19,19A	2	1957	Oost	47.74	84.02	0.591	0.768	0.860	11%	0.022	<A3	0.022	0%	58%	0.358	0.009
7961235336	's-Hertogenbosch	Maaslandstraat	25	1	1950	Oost	47.75	60.82	0.696	0.905	1.013	11%	0.147	ref>plan	0.147	0%	48%	0.524	0.076
7961230181	's-Hertogenbosch	Boschveldweg	25	1	1950	Oost	47.75	54.89	0.728	0.946	1.059	11%	0.155	ref>plan	0.154	0%	45%	0.582	0.085

## Cluster Parallelweg

1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax ref	Vmax doelwaarde	Max Vmax	Reductie Vmax	Vper ref	Vper doelwaarde	Vper	Reductie Vper	Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper
7961246600	's-Hertogenbosch	Parallelweg	52	1	1933	West	47,48	90,42	0,181	0,235	0,333	29%	0,023	<A3	0,036	0%	64%	0,120	0,013
7961266587	's-Hertogenbosch	Parallelweg	53	1	1935	West	47,48	90,34	0,181	0,235	0,333	29%	0,023	<A3	0,036	0%	64%	0,120	0,013
7961266588	's-Hertogenbosch	Parallelweg	54	1	1933	West	47,49	89,83	0,183	0,238	0,336	29%	0,023	<A3	0,036	0%	65%	0,118	0,013
7961256578	's-Hertogenbosch	Parallelweg	55	1	1933	West	47,49	88,84	0,184	0,240	0,339	29%	0,023	<A3	0,036	0%	66%	0,115	0,012
7961226877	's-Hertogenbosch	Parallelweg	56	1	1933	West	47,50	87,07	0,186	0,242	0,342	29%	0,023	<A3	0,037	0%	68%	0,110	0,012
7961208161	's-Hertogenbosch	Parallelweg	60,58,64	3	1998	West	47,55	74,26	0,209	0,272	0,385	29%	0,026	<A3	0,041	0%	64%	0,139	0,015
7961207211	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	9,13A,11,13,13B	5	1957	West	47,59	113,23	n.v.t.	0,313	0,364	14%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,138	n.v.t.

Cluster Celciusstraat

1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax doelwaars			Vper doelwaars			Maatregelset effectiviteit				
									Vmax ref	de	Max Vmax	Reductie	Vper ref	de	Vper	Reductie	Vmax	Vper	
7961236602	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	2,4	2	1952	West	47,62	78,62	0,434	0,404	0,798	49%	0,040	<A3	0,083	0%	75%	0,199	0,021
7961276369	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	16,14	2	1952	West	47,62	100,37	0,356	0,404	0,654	38%	0,033	<A3	0,069	0%	78%	0,144	0,015
7961249648	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	10,12	2	1952	West	47,62	93,17	0,379	0,404	0,696	42%	0,035	<A3	0,073	0%	71%	0,202	0,021
7961207186	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	6,8	2	1952	West	47,62	86,07	0,403	0,404	0,742	46%	0,037	<A3	0,078	0%	74%	0,193	0,020
7961267473	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	1	1	1952	West	47,62	127,07	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961229718	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	2	1	1952	West	47,62	160,36	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961236601	's-Hertogenbosch	Edisonstraat	18	1	1952	West	47,63	107,52	0,253	0,329	0,353	7%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,134	n.v.t.
7961220118	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	3	1	1952	West	47,63	127,08	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961255918	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	4	1	1952	West	47,63	160,36	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961217967	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	5	1	1952	West	47,64	127,10	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961275837	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	6	1	1952	West	47,64	160,37	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961210236	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	7	1	1952	West	47,64	127,11	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961206676	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	8	1	1952	West	47,64	160,38	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961227707	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	9	1	1952	West	47,65	127,13	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961216470	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	10	1	1952	West	47,65	160,39	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961226880	's-Hertogenbosch	Parallelweg	66,67,68,69,70,71	6	1954	West	47,65	56,70	0,349	0,404	0,688	41%	0,037	<A3	0,075	0%	62%	0,261	0,029
7961217968	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	11	1	1952	West	47,65	127,14	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961245920	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	12	1	1952	West	47,65	160,39	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961257469	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	13	1	1952	West	47,66	127,16	0,210	0,273	0,280	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961275836	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	14	1	1952	West	47,66	160,40	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961207187	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	16,18	2	1952	West	47,66	78,64	0,284	0,369	0,562	34%	0,030	<A3	0,062	0%	70%	0,169	0,019
7961239765	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	12,14	2	1952	West	47,66	85,98	0,266	0,346	0,527	34%	0,028	<A3	0,058	0%	75%	0,132	0,015
7961226738	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	8,10	2	1952	West	47,66	93,22	0,248	0,322	0,494	35%	0,026	<A3	0,055	0%	75%	0,124	0,014
7961276370	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	4,6	2	1952	West	47,66	100,47	0,233	0,303	0,464	35%	0,025	<A3	0,051	0%	70%	0,139	0,015
7961277403	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	15	1	1952	West	47,66	127,06	0,211	0,274	0,280	2%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,106	n.v.t.
7961255917	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	16	1	1952	West	47,66	160,26	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961236772	's-Hertogenbosch	Parallelweg	76,72,73,74,75,77	6	1954	West	47,66	53,40	0,360	0,404	0,723	44%	0,038	<A3	0,079	0%	63%	0,268	0,029
7961277402	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	2	1	1952	West	47,67	107,23	0,253	0,329	0,436	25%	n.v.t.	n.v.t.	0,048	0%	76%	0,105	0,012
7961267471	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	17	1	1952	West	47,67	126,73	0,211	0,274	0,285	4%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,108	n.v.t.
7961229717	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	18	1	1952	West	47,67	159,87	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961249619	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	19	1	1952	West	47,67	126,27	0,212	0,276	0,286	4%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,109	n.v.t.
7961216471	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	20	1	1952	West	47,68	159,29	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961214493	's-Hertogenbosch	Parallelweg	80,78,79,81,83,82	6	1954	West	47,68	52,41	0,363	0,404	0,723	44%	0,038	<A3	0,079	0%	63%	0,268	0,029
7961277404	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	21	1	1952	West	47,68	125,61	0,213	0,277	0,287	4%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,109	n.v.t.
7961206675	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	22	1	1952	West	47,68	158,62	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961267472	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	23	1	1952	West	47,69	124,96	0,214	0,278	0,300	7%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,114	n.v.t.
7961236111	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	24	1	1952	West	47,69	158,03	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961267470	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	17	1	1952	West	47,69	105,03	0,254	0,330	0,436	24%	n.v.t.	n.v.t.	0,048	0%	76%	0,105	0,012
7961266424	's-Hertogenbosch	Parallelweg	89,85,84,86,87,88	6	1954	West	47,69	50,90	0,370	0,404	0,723	44%	0,039	<A3	0,079	0%	63%	0,268	0,029
7961247508	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	25	1	1952	West	47,69	124,49	0,215	0,280	0,300	7%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,114	n.v.t.
7961216945	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	1,3	2	1952	West	47,69	75,97	0,292	0,379	0,567	33%	0,031	<A3	0,062	0%	70%	0,170	0,019

1	2	3	4	6	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PAND_Short	Woonplaats	Straat	Huisnr	Aantal panden	Bouwjaar	Locatie	Kilometre ring	D_ref	Vmax doelwaars			Vper doelwaars			Maatregelset effectiviteit	Vmax	Vper		
									Vmax ref	de	Max Vmax	Reductie	Vper ref	de				Vper	Reductie
7961266426	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	5,7	2	1952	West	47,69	83,38	0,271	0,353	0,527	33%	0,029	<A3	0,058	0%	75%	0,132	0,015
7961210259	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	9,11	2	1952	West	47,69	90,52	0,255	0,331	0,494	33%	0,027	<A3	0,055	0%	75%	0,124	0,014
7961216946	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	13,15	2	1952	West	47,69	97,66	0,239	0,311	0,464	33%	0,025	<A3	0,051	0%	69%	0,144	0,016
7961245921	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	26	1	1952	West	47,69	157,65	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961245922	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	27	1	1952	West	47,71	126,66	0,212	0,276	0,285	3%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,108	n.v.t.
7961275834	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	28	1	1952	West	47,71	167,22	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961275835	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	26	1	1952	West	47,71	161,36	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961265857	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	24	1	1952	West	47,71	155,51	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961229716	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	22	1	1952	West	47,71	149,68	0,155	0,202	0,211	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961216469	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	20	1	1952	West	47,71	143,81	0,175	0,228	0,228	0%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,087	n.v.t.
7961256439	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	14,16	2	1952	West	47,71	96,85	0,241	0,314	0,464	32%	0,026	<A3	0,051	0%	70%	0,139	0,015
7961256440	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	10,12	2	1952	West	47,71	89,55	0,257	0,334	0,494	32%	0,027	<A3	0,055	0%	75%	0,124	0,014
7961266427	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	8,6	2	1952	West	47,71	82,41	0,274	0,356	0,527	32%	0,029	<A3	0,058	0%	75%	0,132	0,015
7961236603	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	2,4	2	1952	West	47,71	75,07	0,292	0,379	0,562	33%	0,031	<A3	0,062	0%	70%	0,169	0,019
7961256437	's-Hertogenbosch	Parallelweg	90,91,92,95,94,93	6	1954	West	47,72	49,83	0,374	0,404	0,723	44%	0,040	<A3	0,079	0%	63%	0,268	0,029
7961245923	's-Hertogenbosch	Celsiusstraat	18	1	1952	West	47,72	103,75	0,255	0,332	0,436	24%	n.v.t.	n.v.t.	0,048	0%	77%	0,100	0,011
7961218369	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	31,29	2	1952	West	47,72	122,54	0,218	0,283	0,304	7%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,116	n.v.t.
7961238085	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	35,33	2	1952	West	47,73	120,95	0,220	0,286	0,310	8%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,118	n.v.t.
7961266425	's-Hertogenbosch	Parallelweg	96,97,98,99,100,101	6	1954	West	47,73	48,23	0,567	0,404	1,074	62%	0,060	0,104	0,117	11%	63%	0,397	0,043
7961263870	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	37,39	2	1952	West	47,73	119,77	0,224	0,291	0,315	8%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,120	n.v.t.
7961249692	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	43,41	2	1952	West	47,74	118,92	0,227	0,295	0,320	8%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,122	n.v.t.
7961256438	's-Hertogenbosch	Parallelweg	104,102,103,105,106,107	6	1954	West	47,74	45,16	0,584	0,404	1,074	62%	0,062	0,104	0,117	11%	63%	0,397	0,043
7961237683	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	20	1	1952	West	47,74	99,13	0,352	0,404	0,654	38%	0,037	<A3	0,072	0%	77%	0,150	0,017
7961226740	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	32,34	2	1952	West	47,75	154,42	0,153	0,199	0,210	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,080	n.v.t.
7961256443	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	36,38	2	1952	West	47,75	147,17	0,160	0,208	0,222	6%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,084	n.v.t.
7961216947	's-Hertogenbosch	van Musschenbroekstraat	40,42	2	1952	West	47,75	139,93	0,179	0,233	0,235	1%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,089	n.v.t.
7961249649	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	22,24	2	1952	West	47,75	91,48	0,379	0,404	0,696	42%	0,040	<A3	0,077	0%	69%	0,216	0,024
7961266428	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	26,28	2	1952	West	47,75	84,38	0,403	0,404	0,741	46%	0,043	<A3	0,082	0%	75%	0,185	0,020
7961236604	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	30,32	2	1952	West	47,75	77,22	0,430	0,404	0,790	49%	0,046	<A3	0,087	0%	75%	0,198	0,022
7961226739	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	34,36	2	1952	West	47,75	69,89	0,463	0,404	0,851	53%	0,049	<A3	0,094	0%	70%	0,255	0,028
7961266429	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	45,47	2	1952	West	47,75	117,49	0,228	0,296	0,320	7%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,122	n.v.t.
7961254031	's-Hertogenbosch	Parallelweg	109,110,111,112,113,108	6	1954	West	47,76	43,69	0,596	0,404	1,096	63%	0,063	0,104	0,120	13%	63%	0,406	0,044
7961249691	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	49,51	2	1952	West	47,76	116,70	0,230	0,299	0,325	8%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,124	n.v.t.
7961256441	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	55,53	2	1952	West	47,77	115,92	0,230	0,299	0,340	12%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,129	n.v.t.
7961238001	's-Hertogenbosch	Parallelweg	114,115,116,117,118,119	6	1954	West	47,77	41,93	0,608	0,404	1,119	64%	0,064	0,104	0,122	15%	62%	0,425	0,046
7961256442	's-Hertogenbosch	Fahrenheitstraat	57,59	2	1952	West	47,78	114,73	0,240	0,312	0,350	11%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,133	n.v.t.
7961257747	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	73,75,77,79,81,83	6	1952	West	47,80	145,89	0,165	0,215	0,224	4%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,085	n.v.t.
7961229904	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	61,63,65,67,71,69	6	1952	West	47,80	132,27	0,190	0,247	0,260	5%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,099	n.v.t.
7961266841	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	49,51,55,57,59,53	6	1952	West	47,80	116,21	0,230	0,299	0,330	9%	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0%	62%	0,125	n.v.t.
7961256829	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	37,39,41,43,45,47	6	1952	West	47,80	84,07	0,269	0,349	0,494	29%	0,028	<A3	0,055	0%	76%	0,119	0,013
7961266840	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	29,31,33,35,27,25	6	1952	West	47,80	70,31	0,306	0,397	0,562	29%	0,032	<A3	0,062	0%	70%	0,169	0,019
7961215820	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	13,15,19,21,23,17	6	1952	West	47,80	56,69	0,349	0,404	0,642	37%	0,037	<A3	0,070	0%	65%	0,225	0,025
7961225650	's-Hertogenbosch	Christiaan Huygensweg	1,3,7,9,11,5	6	1952	West	47,80	40,86	0,410	0,404	0,754	46%	0,043	<A3	0,082	0%	62%	0,286	0,031

PHS METEREN - BOXTEL

OTB RAPPORT - TRILLINGEN DEEL 3 (MB21404-04)

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 264

6800 AG Arnhem

Nederland

+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)

Onze referentie: 079314872