

RAPPORT

PHS Den Bosch Vught

Onderzoek wijziging
trillingbeperkende maatregel
Boschveldweg
's Hertogenbosch

Versie: 2.0

Status: Vrijgegeven

Datum: 25-09-2023

Kenmerk: D79-WGA-HS-RAP-
22006478

Autorisatieblad

PHS Den Bosch Vught

Onderzoek wijziging trillingbeperkende maatregel Boschveldweg 's Hertogenbosch

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Gardien W (Wybo)	√	22-9-2023
Gecontroleerd door	Uil MJ (Martin)	√	25-9-2023
Vrijgegeven door	Sande PJ van de (Piet)	√	25-9-2023

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.1	Wybo Gardien	23-8-2022	1 ^e concept
0.2	Kareen Gasparotto	23-8-2022	Interne controle
0.3	Wybo Gardien	26-8-2022	Verwerking commentaar interne controle
0.4	Marcel Gritter	26-8-2022	Interne controle
0.5	Wybo Gardien	26-8-2022	Verwerking commentaar interne controle
0.6, 0.7	Wybo Gardien	27-9-2022	Verwerking commentaar ProRail
1.0	Wybo Gardien	21-10-2022	Vrijgegeven versie
1.1	Wybo Gardien	22-9-2023	Verwerking commentaar ProRail

Samenvatting

In het Tracébesluit Meteren - Boxtel is aan de oostzijde van het spoor langs de Boschveldweg een Trilling Reducerende Ondergrondse Constructie (TROC) gesitueerd. De locatie van deze TROC heeft tot gevolg dat waardevolle bomen (Platanen) in de Boschveldweg gekapt moeten worden.

In dit rapport heeft Movares onderzoek verricht naar een alternatieve ligging van de TROC die als doel heeft om zo veel mogelijk platanen te sparen. Het onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies:

- Met een alternatieve ligging van de TROC blijft het grootste deel van de Platanen in de Boschveldweg gespaard. Van km 47,36 tot km 47,61 wijzigt de ligging van de TROC.
- De alternatieve TROC heeft een minimaal even groot trillingsreducerend effect als de TROC uit het tracébesluit 2020. Daartoe zijn de eigenschappen van de TROC aangepast ten opzichte van het tracébesluit 2020.
 - Van km 47,36 tot km 47,51 is de Jetgroutwand vervangen door een 15 meter diepe diepwand
 - Van km 47,51 tot km 47,61 is de 15 meter diepe diepwand vervangen door een 17 meter diepe diepwand

Inhoudsopgave

Samenvatting

1	Aanleiding	1
1.1	Doel van het onderzoek	1
1.2	Situatie	1
2	Beschrijving ligging alternatieve TROC	3
3	Bepaling eigenschappen TROC	5
3.1	Rekenmethode prognose	5
3.2	Uitgangspunten bij prognose	6
3.2.1	Materiaaleigenschappen	7
3.3	Eigenschappen alternatieve TROC	7
4	Rekenresultaten	9
4.1	Effectiviteit voor trillingsintensiteit V_{per}	10
5	Conclusies	11
	Colofon	12
	Bijlage 1 Ligging alternatieve TROC	13
	Bijlage 2 GEOVIB modellen	14

1 Aanleiding

In het Tracébesluit Meteren – Boxtel is op twee locaties in 's-Hertogenbosch een Trilling Reducerende Ondergrondse Constructie (TROC) opgenomen. Deze TROC's zijn maatregelen op basis van PHS METEREN-BOXTEL Achtergrondrapportage Trillingen – deel 3: Maatregelenafweging 9 maart 2020 definitief, 084063559 A.

De TROC aan de oostzijde van het spoor is gesitueerd langs de Boschveldweg. In het Tracébesluit is een afweging gemaakt op doelmatigheid en is gekozen voor een inpassing op de grens tussen de Boschveldweg en het terrein van NSV/ Railinfratrust. Deze locatie heeft als gevolg dat waardevolle bomen (Platanen) in de Boschveldweg gekapt moeten worden.

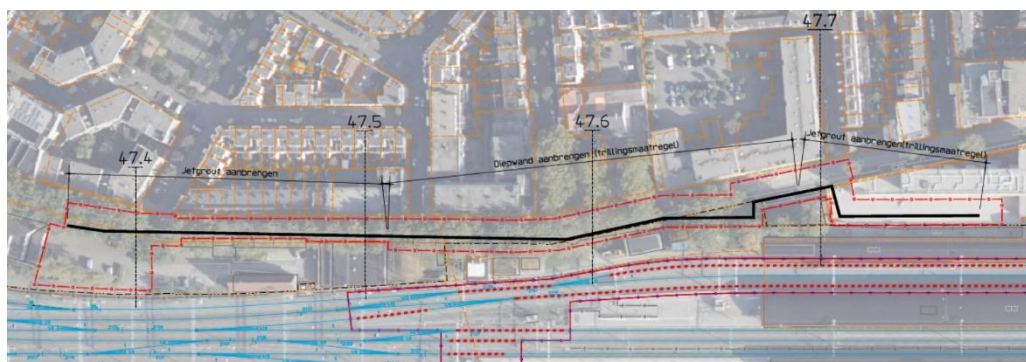
In overleg met de gemeente 's-Hertogenbosch heeft ProRail onderzoek verricht naar een andere inpassing gericht op het sparen van de platanen. Dat onderzoek heeft geleid tot een nieuwe variant. In dit onderzoek is het effect van de alternatieve ligging van de TROC nader uitgewerkt.

1.1 Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is om aan te tonen dat de alternatieve TROC een trillingreductie heeft die ten minste gelijkwaardig is met de trillingreductie uit het Tracébesluit PHS Meteren-Boxtel uit 2020¹.

1.2 Situatie

In het tracé besluit van PHS Meteren-Boxtel is de TROC bij de Boschveldweg opgenomen. De ligging en kenmerken van de TROC uit het tracébesluit 2020 staan in Figuur 1-1 en Tabel 1-1. Vanwege de ligging in de Boschveldweg, moeten de platanen in de Boschveldweg gekapt worden om deze TROC te realiseren.



Figuur 1-1 Situatie met TROC uit tracébesluit 2020 bij de Boschveldweg (dikke zwarte lijn).

¹ Programma Hoogfrequent Spoorvervoer Meteren – Boxtel, Tracébesluit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 14 mei 2020.

Tabel 1-1 Kenmerken TROC bij Boschveldweg uit het tracébesluit 2020

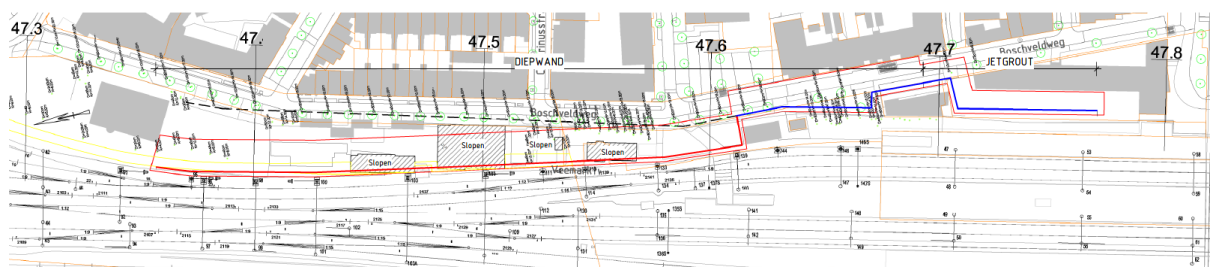
Objectcode	Plaats	Gebied	Van km	Tot km	Wandtype	Wand - diepte	Wand- lengte ca. [m]
TROC01	's-Hertogenbosch	Sint Lucasstraat	47,37	47,51	Jet- groutwand	13 m	140
TROC02	's-Hertogenbosch	Sint Maartenstraat	47,51	47,69	Diepwand	15 m	180
TROC03	's-Hertogenbosch	Peellandstraat	47,69	47,77	Jet- groutwand	13 m	90

2 Beschrijving ligging alternatieve TROC

In dit hoofdstuk beschrijven we de alternatieve ligging van de TROC met de gevolgen voor bomen, (te slopen) bebouwing, werkzone, conflicten met kabels en leidingen en met bovenleidingportalen.

In Figuur 2-1 en in Bijlage 1 staat de alternatieve ligging van de TROC samen met de oorspronkelijke ligging. De alternatieve ligging van de TROC bevindt zich tussen km 47.36 en 47.61 en is aangeduid met de dikke rode lijn. De oorspronkelijke ligging uit het tracébesluit 2020 is getekend met de zwarte streeplijn. De alternatieve TROC bevindt zich dicht bij het spoor dan de TROC uit het tracébesluit 2020.

Het deel km 47.61 - 47.77 wijzigt niet omdat een gewijzigde ligging dicht bij het spoor te grote gevolgen heeft voor onder andere kabels en leidingen. Voor de onderbouwing van de keuze voor het te wijzigen deel wordt verwezen naar de toelichting bij het tracébesluit.



Figuur 2-1 Ligging alternatieve TROC (dikke rode lijn), en TROC uit het tracébesluit 2020 (streeplijn). Langs het gedeelte met de blauwe lijn wijzigt de TROC niet ten opzichte van het tracébesluit 2020.

De alternatieve TROC heeft een aantal (mogelijke) gevolgen:

- werkzone: 16 m vanaf de TROC voor diepwand, 10 m vanaf de TROC voor Jetgroutwand;
- (te rooien) bomen;
- (te slopen) bebouwing;
- Afstand tot spoor en bebouwing
- Conflicten met kabels en leidingen;
- Conflicten met bovenleidingportalen.

Werkzone

Voor de realisatie van een diepwand of jetgroutwand is ruimte nodig. Het gaat om kranen, installaties en vrachtwagens die materiaal aanvoeren. Bij een diepwand is een werkzone van ca. 16 meter nodig. De werkzone voor een jetgroutwand is wat kleiner: ca. 10 meter. De werkzone bevindt zich aan 1 zijde van de diepwand of jetgroutwand. De werkzone moet vrij zijn van objecten als gebouwen en bomen.

(Te rooien) bomen

De monumentale bomen waar het om gaat bevinden zich in de Boschveldweg. Door de alternatieve ligging van de TROC langs het spoor, kunnen 22 platanen in de Boschveldweg blijven staan die voor de realisatie van de TROC uit het tracébesluit 2020 geroid moesten worden.

(Te slopen) bebouwing

Om de TROC dicht bij het spoor te realiseren, is het nodig om bestaande bebouwing te amoveren. De te slopen gebouwen zijn in Figuur 2-1 en Bijlage 1 licht gearceerd.

Afstand tot spoor en tot bebouwing

Om beïnvloeding van het spoor te voorkomen, ligt de alternatieve TROC op minstens 5 meter afstand tot het dichtstbijzijnde spoor. Het spoor kan dan in bedrijf blijven. Bij gebouwen kan een diepwand of jetgroutwand tot op ca. 2 meter afstand van de gevel geplaatst worden.

Conflicten met kabels en leidingen

In de omgeving van de Boschveldweg bevindt zich een groot aantal kabels en leidingen. Ook ProRail heeft kabels en leidingen in gebruik. De raakvlakken met de kabels en leidingen van ProRail leiden tot de volgende maatregelen bij de uitvoering:

- Op de aangegeven plekken de ProRail kabels vrij laten graven door een gecertificeerde kabelaanemer van ProRail
- De kabels beschermen met beheersmaatregelen bijv. tijdelijke houten schotten cq iets omleggen (bij omleggen ook revisie doen)
- Na het injecteringswerk de tijdelijke bescherming weer wegnemen en de grond herstellen.

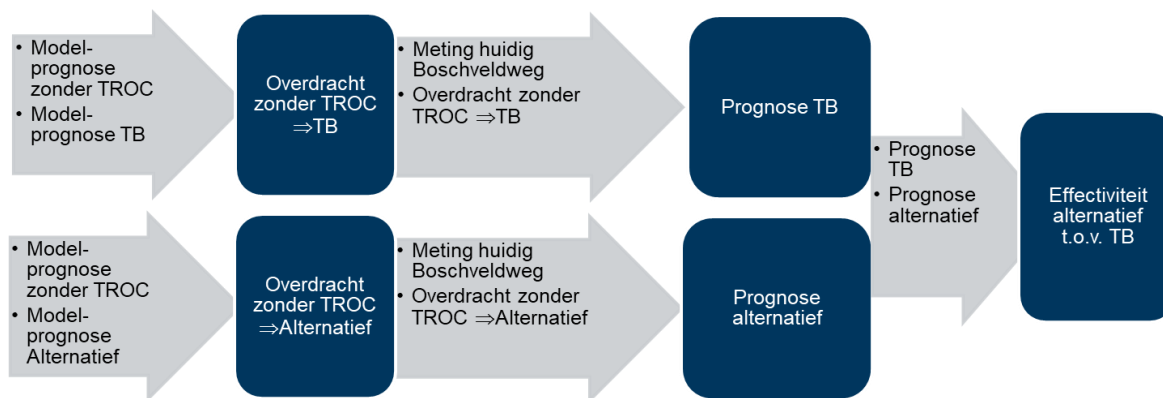
Conflicten met bovenleidingportalen

Bovenleidingportalen staan op een fundering. De alternatieve TROC ligt buiten de fundering van de bovenleidingportalen, waardoor er geen conflict is met de bovenleidingportalen.

3 Bepaling eigenschappen TROC

3.1 Rekenmethode prognose

Een vereiste voor de alternatieve TROC is dat de trillingsreductie minimaal gelijkwaardig moet zijn met de trillingsreductie van de TROC uit het tracébesluit 2020. Movares heeft zijn eigen Geovib trillingsprognosemodel gebruikt om de effectiviteit van de alternatieve TROC te vergelijken met de effectiviteit van de TROC uit het tracébesluit 2020 (TB). De rekenmethode is schematisch afgebeeld in Figuur 3-1.



Figuur 3-1 Schema rekenmethode voor vergelijking alternatieve TROC met TROC uit tracébesluit

Om de verandering van de trillingen door de wijziging van de TROC te kunnen beoordelen zijn de volgende modellen gemaakt:

- **Modelprognose zonder TROC**
Dit is een 3-dimensionaal trillingsmodel op basis van een eindige elementen methode (FEM) waarin de eigenschappen van de omgeving (ondergrond) en spoor zijn ingevoerd op basis van de situatie zonder TROC. Met het model worden trillingen op maaiveld berekend ter plaatse van de woning waar een frequentie-afhankelijke trillingsmeting is uitgevoerd om het model te ijken.
- **Modelprognose met TROC volgens TB 2020 (modelprognose TB)**
In het model zonder TROC wordt de TROC uit TB 2020 toegevoegd en doorgerekend. De berekening is uitgevoerd voor afstanden tot circa 100 meter vanaf het buitenste spoor (alook het meest nabij gelegen door goederentreinen gebruikt spoor). Binnen deze afstand liggen panden uit de eerstelijns en tweedelijns bebouwing.
- **Modelprognose Alternatieve TROC**
In het model van stap 1 wordt de alternatieve TROC volgens de gewijzigde ligging dichterbij het spoor met gewijzigde kenmerken toegevoegd en doorgerekend. De berekening voor de alternatieve TROC is uitgevoerd voor dezelfde afstanden tussen spoor en woningen als voor de TROC uit het Tracébesluit 2020.

Met de trillingsprognoses worden de volgende frequentie-afhankelijke overdrachten berekend:

- **Trillingsoverdracht van de situatie zonder TROC naar de situatie met de TROC uit het TB.** Dit is het octaafbandspectrum van de prognose met de TB TROC gedeeld door het octaafbandspectrum van de prognose van de situatie zonder TROC.
- **Trillingsoverdracht van de situatie zonder TROC naar de situatie met de alternatieve TROC.** Dit is het octaafbandspectrum van de prognose met de alternatieve TROC gedeeld door het octaafbandspectrum van de prognose van de situatie zonder TROC.

Vervolgens voorspellen we per treinpassage en per trillingsrichting de effectieve trilsnelheid V_{eff} door het gemeten octaafbandspectrum te vermenigvuldigen met de trillingsoverdrachten. Hierbij houden we rekening met de wegingsfunctie uit de SBR-B richtlijn. De prognose is als volgt uitgevoerd:

$$V_{eff,TROC} = V_{eff,basis} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (overdracht_i * weging_i * meting_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (weging_i * meting_i)^2}}$$

waarin:

$V_{eff,basis}$	de gemeten effectieve trilsnelheid in de basis situatie zonder TROC
$meting_i$	de amplitude van het octaafbandspectrum voor octaafband i
$weging_i$	de amplitude van de SBR-B wegingsfunctie voor octaafband i
$overdracht_i$	de modelmatig berekende trillingsoverdracht per octaafband i

De effectiviteit van de alternatieve TROC ten opzichte van de TROC uit het TB berekenen we door de maximale effectieve trilsnelheid bij de alternatieve TROC te delen door de maximale effectieve trilsnelheid voor de TROC uit het TB. Indien deze verhouding kleiner of gelijk aan 1 is, dan geeft de alternatieve TROC minimaal even veel trillingsreductie als de TROC uit het tracébesluit.

3.2 Uitgangspunten bij prognose

De trillingsonderzoeken die ten behoeve van het tracébesluit 2020 (TB) zijn uitgevoerd staan beschreven in:

- [1] PHS Meteren-Boxtel, TB rapport - Trillingen deel 1 (MB1.3.2-02), Arcadis, 9 maart 2020, definitief
- [2] PHS Meteren-Boxtel, TB rapport - Trillingen deel 2 (MB1.3.2-03), Arcadis, 2 april 2020, definitief
- [3] PHS Meteren-Boxtel, TB rapport - Trillingen deel 3 (MB1.3.2-04), Arcadis, 9 maart 2020, definitief

Voor het voorliggende trillingsonderzoek is gebruik gemaakt van de volgende sondering:

- [4] Dinoloket, sondering S45C00021_00, geleverd op 05-01-2021

De effectiviteit van maatregelen is bepaald met behulp van 3D eindige elementenmodellen. Voor dit onderzoek hebben wij gebruik gemaakt van de volgende modellen:

- [5] GEOVIB – Een 3D eindige elementenmodel, waarmee de trillingen in de omgeving van het spoor berekend worden. De belasting die op GEOVIB wordt toegepast komt uit het Spoormodel [6], dat hieronder wordt beschreven. GEOVIB werkt met het eindige elementenprogramma ANSYS/LS-Dyna, versie 19.2.
Dit model gebruiken we om het effect van constructieve wijzigingen (aanpassingen aan de TROC) ten opzichte van het referentieontwerp te berekenen. We belasten dit model dynamisch met krachten uit het spoormodel [6].
- [6] Spoormodel – Een door Movares ontwikkeld rekenmodel dat de belasting van een trein op de ondergrond berekent. Dit model houdt rekening met de dynamische interactie tussen de trein en de spoorconstructie.
Dit model gebruiken we om de dynamische kracht op de spoorbaan te berekenen. Het effect van de maatregelen is bepaald voor het maatgevende treintype, een goederentrein met zware bulkgoederen (kolen, erts).

In het onderzoek maken we gebruik van trillingsmetingen die zijn uitgevoerd bij de basis situatie voordat er een TROC is gebouwd. Dit is een meting die in 2015 is uitgevoerd aan de fundering van het pand Boschveldweg 59-63. Per treinpassage zijn de volgende waarden gemeten:

- effectieve trilsnelheid (V_{eff}) in x, y en z-richting
- octaafbandspectrum van 2-63 Hz in x, y en z-richting

De gemodelleerde afstanden tussen het spoor, de TROC en de receptorpunten staan in Tabel 3-1. Om een robuuste inschatting van de effectiviteit van de TROC te bepalen, zijn de berekeningen uitgevoerd voor 2 sporen. Het meest nabij gelegen goederenspoor wordt spoor 1 genoemd en het eerstvolgende naastgelegen goederenspoor wordt spoor 2 genoemd.

Tabel 3-1 afstanden sporen, TROC en receptorpunten ten opzichte van het eerste spoor in meters

Cluster	Spoor 2	Spoor 1	Afstand spoor 1 tot TROC TB	Afstand spoor 1 tot TROC alt.	Afstand spoor 1 tot receptorpunten
1 (Sint Lucasstraat)	-8.3	0	33.6	7.2	41.8 .. 111.8 m in stappen van 5 meter
2 (Sint Maartenstraat)	-17.8	0	21.4	7.6	31.0 .. 101.0 m in stappen van 5 meter

Voor het onderzoek geldt dat het effect van de maatregelen is bepaald ten opzichte van de trillingen zoals verwacht in het tracébesluit 2020. De relevante woningen zijn de woningen uit de clusters Sint Maartenstraat en Sint Lucasstraat het TB maatregelenrapport [3]. Dit zijn woningen uit de eerstelijns en tweedelijns bebouwing tot een afstand van circa 100 meter vanaf het meest nabijgelegen spoor.

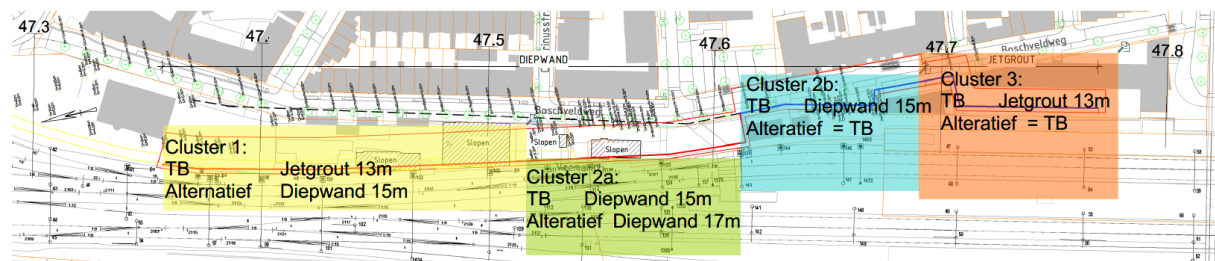
De berekeningen in dit onderzoek zijn frequentie-afhankelijk uitgevoerd, dat wil zeggen dat rekening is gehouden met het gegeven dat veel maatregelen bij de ene frequentie effectiever zijn dan bij de andere frequentie. Met deze aanpak is een zo nauwkeurig mogelijke predictie van de trillingen gemaakt. Om een robuust beeld te krijgen van de te verwachten trillingen bij bebouwing, hebben we de resultaten van de receptorpunten steeds over 3 opeenvolgende afstanden energetisch gemiddeld. De resultaten zijn hierdoor minder beïnvloed door lokale opslinging in de bodem. De fundering van een woning middelt de trillingen over een vergelijkbare afstand uit (ca. 10 meter).

3.2.1 Materiaaleigenschappen

De materiaaleigenschappen van de GEOVIB modellen zijn opgenomen in Bijlage 2.

3.3 Eigenschappen alternatieve TROC

De eigenschappen van de alternatieve TROC zijn gewijzigd ten opzichte van de TROC uit het tracébesluit 2020. Dit is gedaan om er voor te zorgen dat de alternatieve TROC een minimaal even groot trillingsreducerend effect heeft als de TROC uit het tracébesluit 2020. In Figuur 3-2 en Tabel 3-2 staat per cluster welk type wand is toegepast. In Cluster 1 (Sint Lucasstraat) wijzigen de eigenschappen en ligging over de gehele lengte van het Cluster. Cluster 2 (Sint Maartenstraat) is opgedeeld in 2 delen. Bij het noordelijke deel 2a wijzigen de ligging en de eigenschappen. Bij het zuidelijke deel 2b blijven de ligging en de eigenschappen gelijk aan de TROC uit het tracébesluit 2020. In Cluster 3 wijzigt de TROC niet ten opzichte van het tracébesluit 2020.



Figuur 3-2 Eigenschappen alternatieve TROC en TROC uit tracébesluit 2020 (TB)

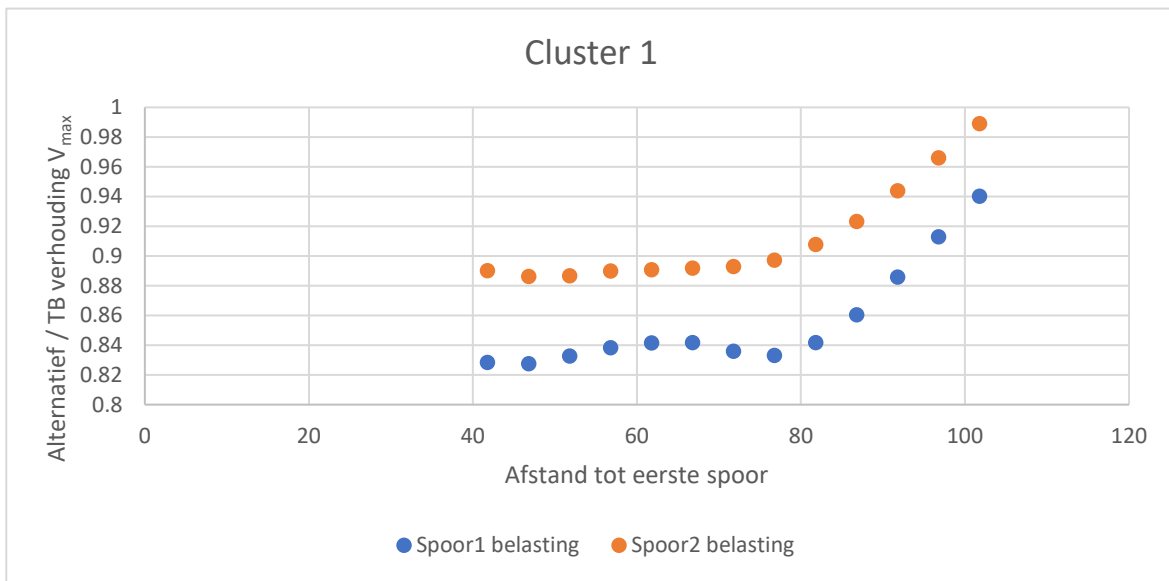
Tabel 3-2 Eigenschappen TROC tracébesluit 2020 (TB) en alternatieve TROC

Cluster	Object-code	Ligging TB	Ligging alternatief	Type wand TB	Type wand alternatief	Diepte wand TB	Diepte wand alternatief
1	TROC01	Boschveldweg	<i>langs spoor</i>	Jetgrout, 1.5m	<i>Diepwand, 0.5m</i>	13m	<i>15m</i>
2a	TROC02	Boschveldweg	<i>langs spoor</i>	Diepwand, 0.5 m	<i>Diepwand, 0.5m</i>	15m	<i>17m</i>
2b	TROC02	Boschveldweg	<i>conform TB</i>	Diepwand, 0.5 m	<i>Diepwand 0.5m (conform TB)</i>	15m	<i>15m (conform TB)</i>
3	TROC03	Boschveldweg/ langs station	<i>conform TB</i>	Jetgrout, 1.5m	<i>Jetgrout 1.5m (conform TB)</i>	13m	<i>13m (conform TB)</i>

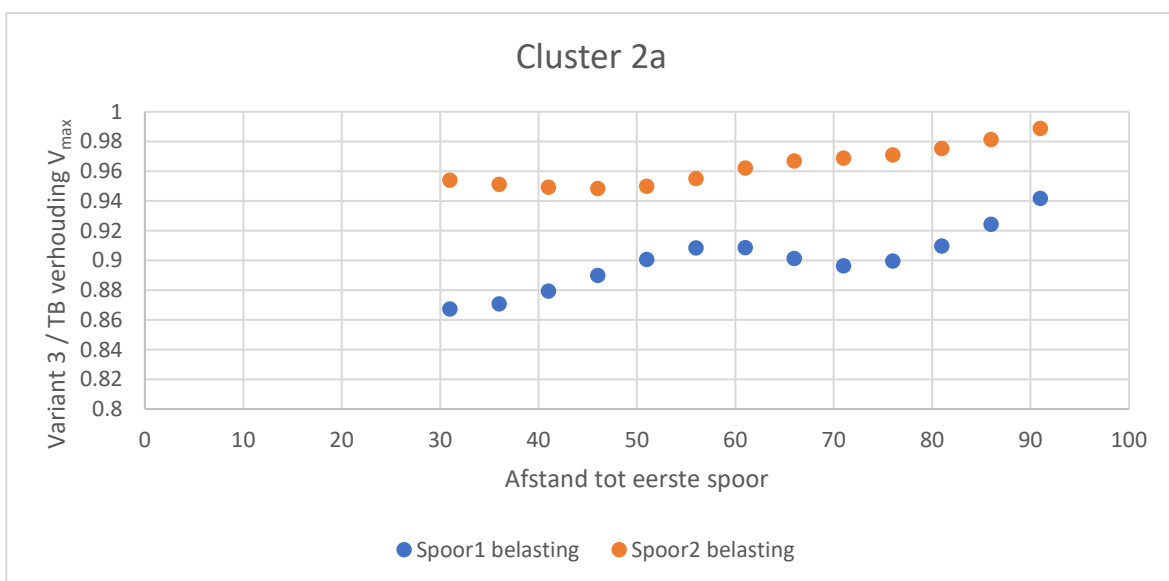
4 Rekenresultaten

1.1 Effectiviteit TROC alternatief ten opzichte van TROC tracébesluit 2020 voor V_{max}

De verhouding tussen de waarde V_{max} bij de alternatieve TROC en de waarde V_{max} bij de TROC uit het tracébesluit 2020 is weergegeven in Figuur 4-1 en Figuur 4-. Een waarde < 1 betekent dat de alternatieve TROC de trillingen meer reduceert dan de TROC uit het tracébesluit 2020. De berekening is zowel uitgevoerd voor treinen op het eerste spoor (blauwe bolletjes) als voor treinen op spoor 2 (oranje bolletjes). In alle gevallen die zijn doorgerekend, reduceert de alternatieve TROC de trillingen minimaal even goed als de TROC uit het tracébesluit 2020.



Figuur 4-1 Verhouding V_{max} alternatieve TROC / V_{max} TROC tracébesluit 2020 (TB) voor woningen op verschillende afstanden tot het spoor bij Cluster 1 (Sint Lucasstraat)



Figuur 4-23 Verhouding V_{max} alternatieve TROC / V_{max} TROC tracébesluit 2020 (TB) voor woningen op verschillende afstanden tot het spoor bij Cluster 2a (Sint Maartenstraat)

4.1 Effectiviteit voor trillingsintensiteit V_{per}

De waarden in de Figuur 4-1 en Figuur 4- hebben betrekking op de trillingssterkte V_{max} . Bij de beoordeling van trillingen volgens de BTS² is ook de trillingsintensiteit V_{per} van belang. Uit het maatregelenrapport van het tracébesluit [3] blijkt dat de effectiviteit van de TROC voor de trillingsintensiteit V_{per} steeds gelijk is aan de effectiviteit voor de trillingssterkte V_{max} . Dit betekent dat ook voor de trillingsintensiteit V_{per} de alternatieve TROC minimaal dezelfde trillingsreductie geeft als de TROC uit het tracébesluit 2020.

² Beleidsregel trillinghinder spoor, Staatscourant Nr. 7532 18 april 2012, Nr. IENM/BSK-2012/5478

5 Conclusies

In dit rapport is onderzocht of er een alternatief voor de TROC uit het tracébesluit 2020 (TB) mogelijk is bij de Boschveldweg in Den Bosch een zelfde trillingsreducerend effect heeft waarbij zoveel mogelijk monumentale Platanen gespaard blijven. We concluderen daarbij het volgende:

- Met een alternatieve ligging van de TROC blijft het grootste deel van de Platanen in de Boschveldweg gespaard. Van km 47,36 tot km 47,61 wijzigt de ligging van de TROC.
- De alternatieve TROC heeft een minimaal een even groot trillingsreducerend effect als de TROC uit het tracébesluit 2020. Daartoe zijn de eigenschappen van de TROC aangepast ten opzichte van het tracébesluit 2020.
 - Van km 47,36 tot km 47,51 is de Jetgroutwand vervangen door een 15 meter diepe diepwand
 - Van km 47,51 tot km 47,61 is de 15 meter diepe diepwand vervangen door een 17 meter diepe diepwand

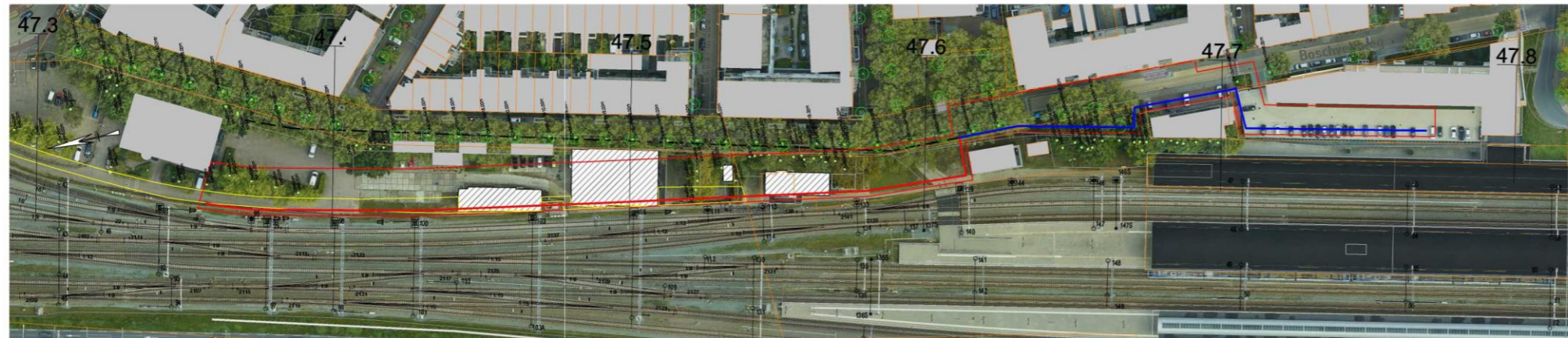
Colofon

OPDRACHTGEVER	ProRail t.a.v. Maarten Poos Postbus 2038 3500 GA Utrecht
UITGAVE	Movares Nederland B.V. Daalseplein 100 Postbus 2855 3500 GW Utrecht
TELEFOON	+31 (0)30 - 265 5555
ONDERTEKENAAR	Gardien W (Wybo) wybo.gardien@movares.nl
PROJECTNUMMER	MN001911
KENMERK	D79-WGA-HS-RAP-22006478

© 2022, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage 1 Ligging alternatieve TROC



Situatie
Schaal: 1 : 1000



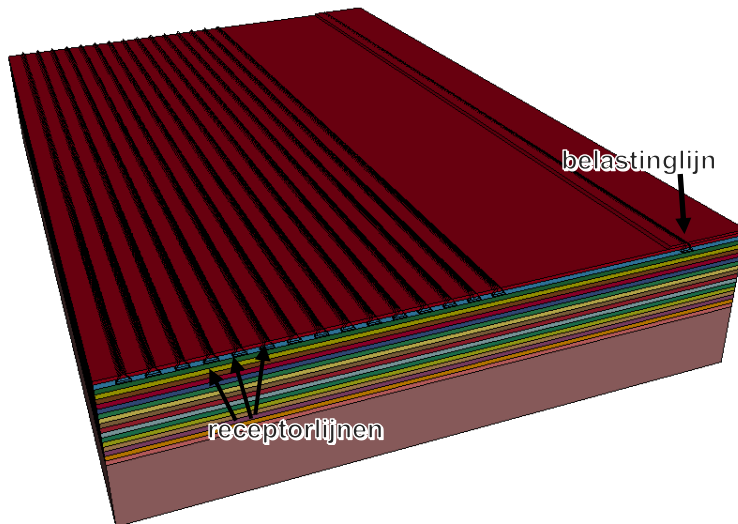
Bovenaanzicht
Schaal: 1 : 1000

Legenda:

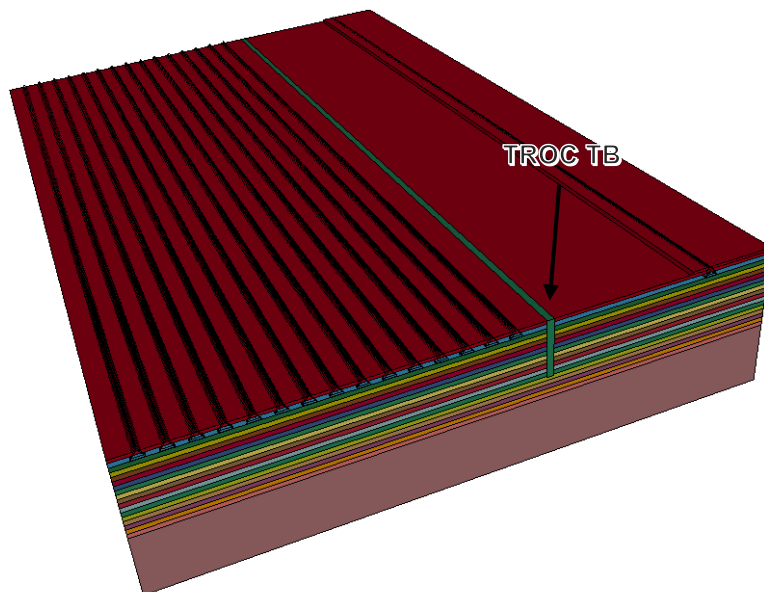
- TROC TB2020 niet gewijzigd
- TROC gewijzigd
- TROC werkruimte
- - - TROC TB2020 originele positie
- Kadastergrens
- Aankoopverzoek ProRail AM aan NS

Projectnummer	MN001911	ProRail
Identificatiecode	D90-GBE-KA-2100001	
Modelversie	-	's Hertogenbosch
Modelversiedatum	-	PHS Den Bosch - Vught
Tekeningversie	2.0	TROC Boschveldweg
Versiedatum	29-09-2022	Ligging variant 3
Documentatatus	Vrijgegeven	
Formaat	594 x 420	
Schaal	Zie tekening	
Modelleur(s)	G.C. van Bommel	
Besteknummer	-	
Controleur	J.M. van der Sanden	
Vrijgegeven	M. de Hoon	614 47.3 - 47.8 TEK-01
Kennislijn: Gebouwen en Infrastructuur Groep: GI-KW-KW Postbus 2855 3500 GW Utrecht		Movares adviseurs & ingenieurs

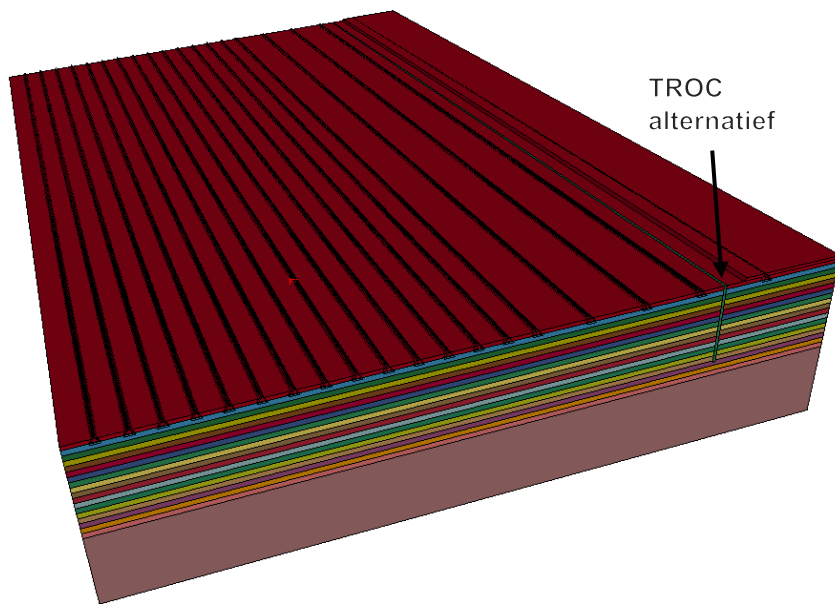
Bijlage 2 GEOVIB modellen



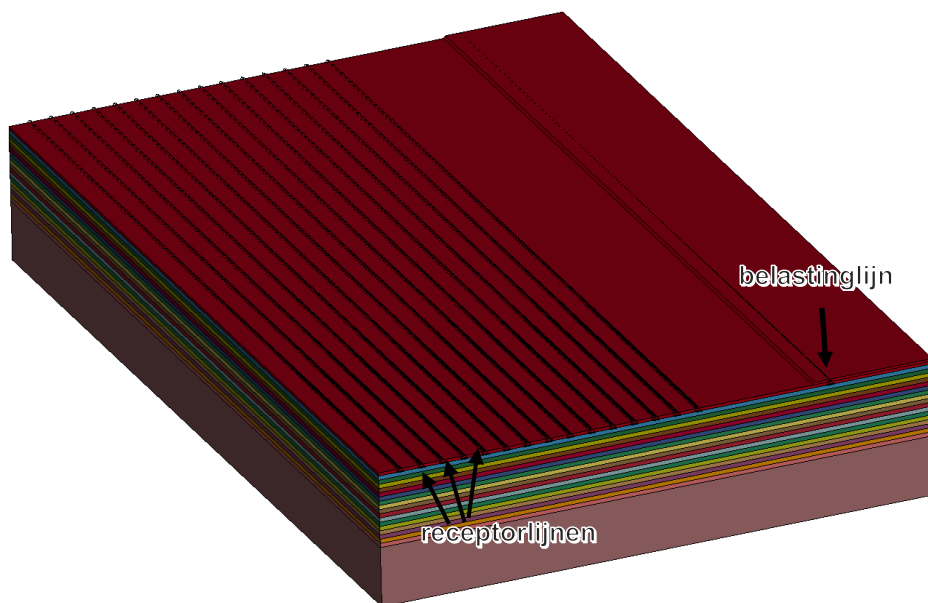
Figuur 2-a GEOVIB model basis situatie zonder TROC



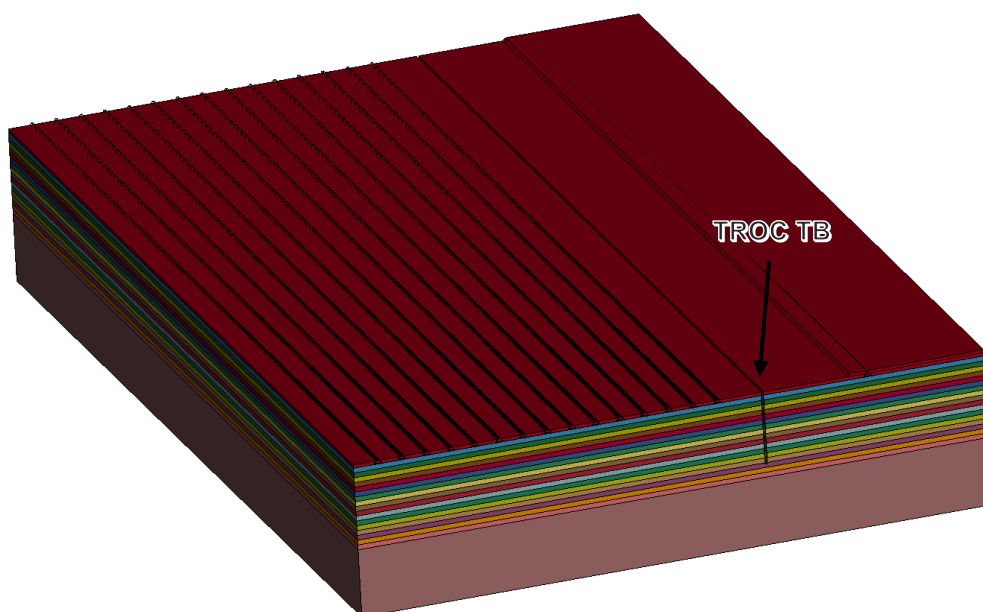
Figuur 2-b GEOVIB model met TROC uit het tracébesluit (Cluster 1)



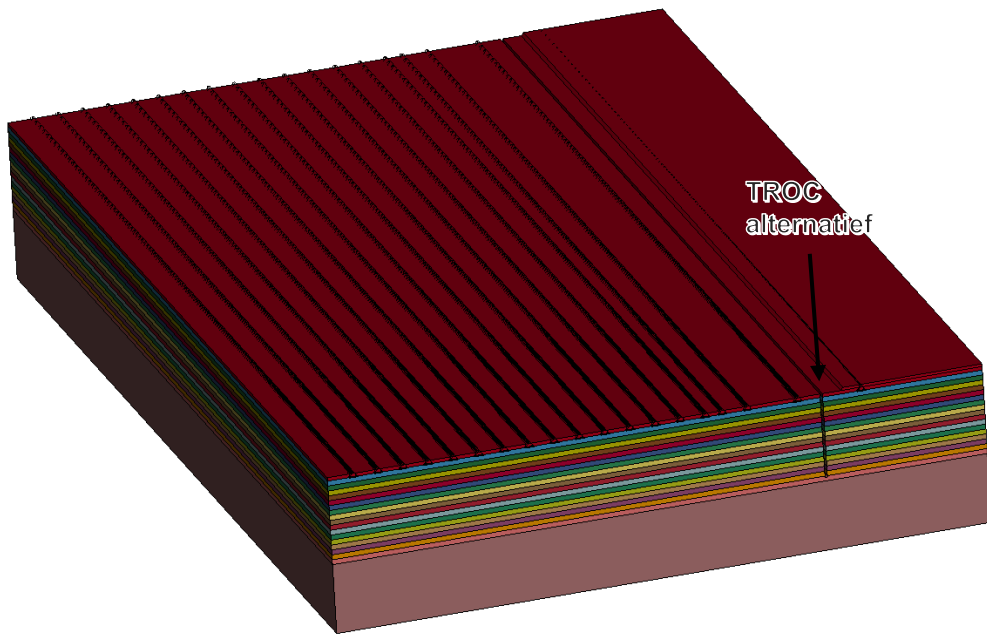
Figuur 2-c GEOVIB model met alternatieve TROC (Cluster 1)



Figuur 2-d GEOVIB model basis situatie zonder TROC (Cluster 2)



Figuur 2-e GEOVIB model met TROC uit het tracébesluit (Cluster 2)



Figuur 2-f GEOVIB model met TROC uit het tracébesluit (Cluster 2)

Tabel 2-a Gehanteerde dynamische bodemparameters

diepte [m]		q_c [MPa]	f_w [%]	G_{dyn} [MPa]	ρ [kg/m ³]	ν [-]	ξ [%]
Van	Tot						
6.70	6.00	4.0	1.0	34	1700	0.4	3
6.00	5.00	12.5	1.3	124	1800	0.4	3
5.00	4.00	12.7	1.2	120	1800	0.4	3
4.00	3.00	8.0	1.2	74	1700	0.4	3
3.00	2.00	11.3	0.3	97	1800	0.4	3
2.00	1.00	11.3	0.3	97	2000	0.45	3
1.00	0.00	2.0	1.6	22	1900	0.48	4
0.00	-1.00	6.3	1.6	68	2100	0.48	4
-1.00	-2.00	2.9	1.8	33	2100	0.48	4
-2.00	-3.00	3.2	1.7	36	2100	0.48	4
-3.00	-4.00	8.9	1.4	89	1900	0.45	3
-4.00	-5.00	14.3	1.4	145	2000	0.45	3
-5.00	-6.00	22.1	1.2	210	2100	0.45	3
-6.00	-7.00	24.9	1.2	234	2100	0.45	3
-7.00	-8.00	23.4	1.3	230	2100	0.45	3
-8.00	-9.00	13.9	1.5	146	2000	0.45	3
-9.00	-10.00	14.9	1.6	164	2100	0.48	4
-10.00	-11.00	24.9	1.3	248	2100	0.45	3
-11.00	-25	22.0	1.4	225	2100	0.45	3

Tabel 2-b Gehanteerde overige materiaalparameters

	E_{dyn} [MPa]	ρ [kg/m ³]	ν [-]	ξ [%]
Diepwand	37000	2500	0.2	1
Jetgroutwand	3500	2000	0.3	1
Ballast	482	1800	0.4	2

 **Movares** samen werkt het