



MER Hoekse Lijn

Deelrapport Trillingen en laagfrequent geluid

Van

ir. P.M. Boon en ir. R. Dalmeijer

Datum

22 mei 2015

Projectcode

2014-100010489

Rapportnummer

R.2015.005.HLRO

Versie

3.0

Opdrachtgever

Projectbureau Hoekse Lijn

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Te nemen besluiten	5
1.3	Plangebied en studiegebied	5
1.4	Planhorizon	6
1.5	Referentiesituatie	6
1.5.1	Algemeen	6
1.5.2	Huidige situatie	6
1.5.3	Autonome ontwikkeling	6
1.6	Alternatief Ombouw	7
1.7	Alternatief Ombouw + Verlenging	9
1.8	Overzichtstabel	10
1.9	Tijdelijke ingrepen	11
1.10	Leeswijzer	12
2	Scope en werkwijze	13
2.1	Ingreep-effectrelaties	13
2.2	Studiegebied	14
2.3	Uitgangspunten	16
2.3.1	Uitgangspunten t.a.v. de trillingsbron	17
2.3.2	Uitgangspunten t.a.v. de transmissie	22
2.3.3	Uitgangspunten t.a.v. de ontvanger	23
2.3.4	Tijdelijke effecten	26
2.4	Methodiek en gebruikte software	26
2.4.1	Trillingsschade	26
2.4.2	Trillingshinder	28
2.4.3	Laagfrequent geluidhinder	29
3	Beoordelingskader	30
3.1	Richtlijnen en beleid	30
3.1.1	Trillingsschade	30
3.1.2	Trillingshinder	32
3.1.3	Hinder t.g.v. laagfrequent geluid	36
3.2	Beoordelingskader	36
4	Referentiesituatie	39

4.1	Trillingshinder	39
4.2	Laagfrequent geluid	40
4.3	Aandeel H6-weg	40
5	Alternatief ombouw	41
5.1	Trillingshinder	41
5.2	Laagfrequent geluidhinder	42
5.3	Variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven	42
5.3.1	Trillingshinder	43
5.3.2	Laagfrequent geluidhinder	43
5.4	Tijdelijke effecten	44
6	Alternatief Ombouw + Verlenging	46
6.1	Trillingshinder	46
6.2	Laagfrequent geluidhinder	47
6.3	Variant Open bak in Vinetaduin	48
6.3.1	Trillingshinder	48
6.3.2	Laagfrequent geluidhinder	49
6.4	Variant Verdiepte kruising Strandweg	49
6.4.1	Trillingshinder	49
6.4.2	Laagfrequent geluidhinder	50
6.5	Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West	51
6.5.1	Trillingshinder	51
6.5.2	Laagfrequent geluidhinder	51
6.6	Tijdelijke effecten	52
6.6.1	Variant Open bak in Vinetaduin	52
6.6.2	Variant Verdiepte kruising Strandweg	53
6.6.3	Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West	53
7	Effectbeoordeling alternatieven en varianten	55
7.1	Samenvatting	55
7.2	Beoordeling	57
8	Mitigerende en compenserende maatregelen	61
8.1	Methodiek	61
8.2	Mogelijke maatregelen	62
8.2.1	Mogelijke maatregelen aan de bron	63
8.2.2	Mogelijke maatregelen aan de transmissie	64

8.2.3	Mogelijke maatregelen aan de ontvanger	65
8.3	Locaties voor maatregelen	66
8.4	Te beschouwen maatregelen	67
8.5	Alternatief Ombouw	69
8.6	Alternatief Ombouw + Verlenging	69
8.6.1	Variant Open bak in Vinetaduin	70
8.6.2	Variant Verdiepte kruising Strandweg	71
8.6.3	Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West	72
9	Leemten in kennis	73
	Bronnen	74
	Bijlage 1: Rekenmodel VibraDyna	75
	Bijlage 2: Resultaten maaiveldmetingen	79
	Bijlage 3: Correctie voor voertuigtype	97
	Bijlage 4: Correctie voor bovenbouwconstructie	99
	Bijlage 5: Gebruikte sonderingen	103
	Bijlage 6: Lijst met bouwwerkzaamheden	122

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het dagelijks bestuur van de stadsregio Rotterdam heeft op 10 juli 2013 het projectbesluit genomen om de spoorlijn tussen Schiedam en Hoek van Holland (verder te noemen “de Hoekse Lijn”) om te bouwen naar een lijn die geschikt is voor metrovoertuigen. Tevens is besloten om de spoorlijn te verlengen. In Schiedam wordt de lijn gekoppeld aan het Rotterdamse metronet. Het bestaande spoor, de portalen en de bovenleidingen blijven grotendeels ongewijzigd. Wel worden perrons, de energievoorziening en de beveiliging van het spoor aangepast en worden op enkele plekken nieuwe sporen aangelegd. Verder omvat het project onder meer de realisatie van een nieuw station Maassluis Steendijkpolder, het opheffen van het bestaande eindstation Hoek van Holland Strand (hierna te noemen “eindstation Hoek van Holland Strand 1”) en het verlengen van de spoorlijn tot een nieuw te bouwen eindstation (hierna te noemen “eindstation Hoek van Holland Strand 2”). Het project wordt mogelijk gemaakt door:

1. het vaststellen van nieuwe bestemmingsplannen en omgevingsvergunningen;
2. het vaststellen van herzieningen van bestaande bestemmingsplannen;
3. het vaststellen van omgevingsvergunningen die afwijken van bestaande bestemmingsplannen en waarvoor dus een uitgebreide WABO-procedure nodig is.

Voor deze besluiten wordt een m.e.r.-procedure gevoerd en een milieueffectrapport (MER) opgesteld. Dat MER bestaat uit een hoofdrapport en deelrapporten per thema. Het voorliggende deelrapport behandelt het thema trillingen en laagfrequent geluid.

In het MER zijn verschillende alternatieven en varianten van het project onderzocht. De alternatieven hebben betrekking op het hele tracé en de varianten hebben betrekking op onderdelen van het project. De alternatieven en varianten geven een bandbreedte weer van de mogelijke invulling van het project en de te verwachten milieueffecten van het project. De effecten van de alternatieven en varianten zijn afgezet tegen de Referentiesituatie.

1.2 Te nemen besluiten

In het hoofdrapport van het MER is een overzicht opgenomen van de besluiten waarop de m.e.r.-procedure van toepassing is.

1.3 Plangebied en studiegebied

Het plangebied is het gebied waar de fysieke werkzaamheden ten behoeve van het project plaats (kunnen) vinden. Het studiegebied omvat het plangebied en het gebied waarbinnen de effecten van het project zich kunnen uitstrekken. De omvang van het studiegebied varieert, afhankelijk van het te onderzoeken milieuaspect.

Wijzigingen in hinder ten gevolge van trillingen en laagfrequent geluid kunnen ook buiten de plangrenzen kunnen optreden, zie voor een toelichting van het in dit deelrapport gehanteerde studiegebied paragraaf 2.2.

1.4 Planhorizon

De verwachting is dat de bestemmingsplannen die in het kader van de Hoekse Lijn worden opgesteld in 2015 door de betrokken gemeenteraden vastgesteld worden. Gezien de termijn van maximaal 10 jaar hebben de bestemmingsplannen betrekking op de periode 2015-2025. De effectbeschrijving in dit deelonderzoek sluit aan bij de tijdshorizon van de bestemmingsplannen en hanteren het peiljaar 2025.

Voor trillingshinder en de kans op trillingsschade tijdens de bouwphase, worden in dit onderzoek de jaren van de ombouw (2017) beschouwd.

1.5 Referentiesituatie

1.5.1 Algemeen

De Referentiesituatie betreft de situatie waarin het project niet is gerealiseerd. De Referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie aangevuld met autonome ontwikkeling. Het peiljaar van de Referentiesituatie is 2025. In deze situatie is de Hoekse Lijn nog in exploitatie bij NS, en zijn geen infrastructurele wijzigingen voor de Hoekse Lijn voorzien.

1.5.2 Huidige situatie

In de huidige situatie worden tussen Schiedam en Hoek van Holland over bestaand spoor personen en goederen vervoerd. Personenvervoer vindt plaats tot station Hoek van Holland Strand, nabij de kruising van de Strandweg met de Stationsweg, op zo'n 1200 meter van de kust. Goederenvervoer vindt plaats tot station Maassluis Centrum.

1.5.3 Autonome ontwikkeling

Tot 2025 ontwikkelt de omgeving zich, zoals dat is te voorzien in de op dit moment verleende vergunningen, goedgekeurde en financieel gedekte plannen en vastgesteld beleid. In het studiegebied maken de in onderstaande tabellen vermelde plannen deel uit van de Referentiesituatie. Deze plannen zijn geen onderdeel van het project Hoekse Lijn. Zie voor een overzicht Tabel 1.1 en Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Ontwikkeling van de infrastructuur in de Referentiesituatie

Gemeenten/gebied	Ruimtelijke ontwikkeling
Schiedam	Aanleg P&R-terrein station Schiedam Centrum met ontsluiting
Vlaardingen	Vervangen van de spoorweginfrastructuur van de Marathonweg door een tunnel. De tunnel wordt tegelijk met het project Hoekse Lijn gerealiseerd, tevens wordt op dat moment de kruising van de Marathonweg en de Maassluisdijk/Deltaweg gereconstrueerd als rotonde.
	Realisatie fietspad langs de Vulcaanweg
Maassluis	Geen
Hoek van Holland	Aanleg fietspad en fietstunnel in Oranjevlietpolder
	Aanleg H6-weg (aansluiting van de Hoekse Baan op de Langeweg)

Tabel 1.2 Ontwikkeling van bouwplannen in de Referentiesituatie

Gemeenten/gebied	Ruimtelijke ontwikkeling
Schiedam	Nieuwland Parkweg Noord
	Spieringshoek

Gemeenten/gebied	Ruimtelijke ontwikkeling
	Ventura-locatie
Vlaardingen	Park Vijfsluizen
	Vettenoordsepolder Oost
	Stationsgebied Centrum
	Rivierzone
Maassluis	Het balkon
	Dijkpolder
	Woontorens Burgemeesterswijk
	Binnenstad
	Kapelpolder
	Vogelwijk
Hoek van Holland	Langeweg
	Berghaven Noord
	Kavels Stationsweg
	Warmte Kracht Installatie a/d Strandweg
	Korrelbeton
	Malibu
	Windmolens Oranjevuitenpolder

Voor het personenvervoer per trein wordt geen wijziging in de frequentie verwacht ten opzichte van de huidige situatie. Voor het goederenvervoer geldt dat een toename van de frequentie wordt verwacht, van maximaal 4 naar maximaal 15 goederentreinen per week.

1.6 Alternatief Ombouw

Het alternatief Ombouw is gebaseerd op het definitief ontwerp. Het omvat de ombouw van het spoor van station Schiedam Centrum tot en met het bestaande eindstation Hoek van Holland Strand 1. Uitgangspunt voor het ombouwen van de Hoekse Lijn is om zoveel mogelijk het bestaande spoor te handhaven. Voor de ombouw is wel een aantal ingrepen nodig. In het alternatief Ombouw zijn de stations Schiedam Nieuwland, Vlaardingen Oost, Vlaardingen Centrum, Vlaardingen West, Maassluis, Maassluis West, Hoek van Holland Haven geschikt gemaakt voor metrovoertuigen en gerenoveerd. In Maassluis is ten westen van station Maassluis West een nieuw station gerealiseerd, station Maassluis Steendijkpolder.

Tussen station Schiedam Centrum en station Schiedam Nieuwland is de Hoekse Lijn gekoppeld ('aangetaakt') aan het Rotterdamse metronet. Om goederenvervoer mogelijk te maken op de Hoekse Lijn is in Schiedam tevens een goederenoverdrachtspoor van 560 meter aan de noordzijde van het huidige spoor gerealiseerd.



Figuur 1.1 Visualisatie aansluiting Schiedam

In het alternatief Ombouw is de lijn tussen station Hoek van Holland Haven en eindstation Hoek van Holland Strand 1 (tijdelijk) geschikt gemaakt voor metrovoertuigen, gebruik makend van de bestaande sporen. In Tabel 1.3 is een overzicht gegeven van de belangrijkste kenmerken van het alternatief Ombouw.

Tabel 1.3 Belangrijkste ingrepen alternatief Ombouw

Deeltraject	Belangrijkste kenmerken
Schiedam	Aanleg nieuw aantakspoor: verlengen en verbreden viaduct 's-Gravenlandseweg t.b.v. koppeling aan metronet
	Aanleg goederenoverdrachtspoor aan de noordzijde van het huidige tracé inclusief realisatie nieuwe viaduct over de Parkweg
Vlaardingen	Rechttrekken spoor Vlaardingen Oost en verbreden spoordijk
	Aanpassen goederenspoor station Vlaardingen Centrum
	Aanleg nieuw keerspoor bij station Vlaardingen West en verbreden spoordijk
Maassluis	Aanpassen goederenspoor Maassluis Centrum
	Aanleg nieuw station Maassluis Steendijkpolder met nieuw keerspoor
Hoek van Holland	Verschuiven station Hoek van Holland Haven met nieuw opstelspoor
	Infrastructurele aanpassingen t.b.v. de ontsluiting van station Hoek van Holland Haven en het Stena Line terrein (Harwichknoop)
Alle	Herinrichten van de stations (verhoging perron, plaatsen toegangspoorten, verwijderen meeste oude inrichting en plaatsen nieuwe standaard inrichting met multiwand).
	Plaatsen van technische ruimten: gelijkrichterstations (GRS),

Deeltraject	Belangrijkste kenmerken
	spoorbeveiligingsstations (SPB) en overige technische ruimten.

Variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven

Deze variant houdt in dat het bestaande raccordement ("bedrijfspoor") naar het terrein aan de Vulcaanhaven in Vlaardingen een oostelijke aansluiting krijgt op het hoofdspoor en wordt uitgebreid tot een emplacement. Doel is om rangeerbewegingen ter hoogte van station Vlaardingen centrum en de beweegbare brug over de haven te voorkómen. Belangrijkste ingreep is de aanleg van een extra goederenspoor en enkele wissels langs de Vulcaanweg. De bestaande westelijke aansluiting vervalt.

1.7 Alternatief Ombouw + Verlenging

Van station Schiedam Centrum tot en met station Hoek van Holland Haven is dit alternatief gelijk aan het alternatief Ombouw. Het bestaande eindstation Hoek van Holland Strand 1 komt te vervallen en het bestaande dubbele spoor tussen station Hoek van Holland Haven en eindstation Hoek van Holland Strand 1 is vervangen door een enkel spoor, dat vervolgens is verlengd tot aan een nieuw aan te leggen eindstation Hoek van Holland Strand 2 Oost. Dat nieuwe station ligt ten noorden van de Badweg, ter plaatse van het grote parkeerterrein. Ter hoogte van het Vinetaduin, nabij het appartementencomplex Strandweg Noord, is het spoor in een gesloten bak aangelegd. De bovenzijde van de gesloten bak ligt deels onder het natuurlijke duinreliëf. Het te verlengen deel van de lijn kruist de Strandweg en de Strandboulevard gelijkvloers. Voor het te verlengen deel is een voorlopig ontwerp en schetsontwerp beschikbaar, onderstaande figuur geeft een indruk daarvan.



Figuur 1.2 Impressie gesloten bak in het Vinetaduin

In Tabel 1.4 is een overzicht gegeven van de belangrijkste kenmerken van het alternatief Ombouw + Verlenging.

Tabel 1.4 Overzicht belangrijkste kenmerken alternatief Ombouw + Verlenging

Deeltraject	Belangrijkste kenmerken alternatief Ombouw + Verlenging
Schiedam t/m station Hoek van Holland Haven	Kenmerken vermeld in de tabel 6.1 zijn ook van toepassing op dit alternatief
Hoek van Holland	Opheffen bestaand eindstation Hoek van Holland Strand
	Verlengen spoor tot nieuw eindstation, grotendeels enkelsporig
	Gecombineerd gelijkrichter- en spoorbeveiligingsstation
	Gelijkvloerse kruising Strandweg
	Gesloten bak in Vinetaduin
	Gelijkvloerse kruising Strandboulevard en Paviljoenweg
	Nieuw eindstation Hoek van Holland Strand 2
	Diverse aanpassingen wegenstructuur, o.a. aanpassingen rondom Strandweg, gewijzigde aansluiting stationsweg en gewijzigde ontsluiting Vafamilcamping

Voor dit alternatief is een drietal varianten beeld, die hieronder zijn omschreven.

Variant Open bak in Vinetaduin

In deze variant is in het Vinetaduin, nabij het appartementencomplex Strandweg Noord, het spoor in een open bak aangelegd, die wordt gevormd door een keerwand aan de noordzijde en een keerwand met hierop een geluidscherm aan de zuidzijde.

Variant Verdiepte kruising Strandweg

In deze variant kruist het spoor kruist de Strandweg verdiept en sluit van af dat punt aan op de gesloten bak in het Vinetaduin.

Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West

Deze variant verschilt alleen van het alternatief Ombouw + Verlenging voor wat betreft de positionering van het eindstation. Dat ligt in deze variant meer westelijk, ter hoogte van de huidige winkelpaviljoens aan het Zeeplein.

1.8 Overzichtstabel

De situaties die in dit deelrapport aan de orde komen zijn samengevat in de navolgende tabel.

Tabel 1.5 Onderzochte situaties

In dit deelrapport onderzochte situaties:					
	Referentiesituatie	Alternatief Ombouw	Varianten Ombouw	Alternatief Ombouw + verlenging	Varianten Ombouw + verlenging
Situatie in het veld					
Referentiesituatie (=huidige situatie + autonome ontwikkeling)					
Verleende vergunningen, goedgekeurde en financieel gedekte plannen, vastgesteld beleid	√	√		√	
Het om te bouwen deel:					
Bestaand goederenspoor Vulcaanhaven		√		√	
Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven			√		
Het te verlengen deel:					
Gesloten bak in Vinetaduin				√	
Open bak in Vinetaduin					√
Gelijkvloerse kruising Strandweg				√	
Verdiepte kruising Strandweg					√
Eindstation Hoek van Holland Strand 2 Oost				√	
Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West					√

Toelichting: Dikgedrukte ingrepen maken onderdeel uit van de alternatieven.

1.9 Tijdelijke ingrepen

Naast structurele ingrepen zijn in dit deelonderzoek ook de effecten van de volgende tijdelijke ingrepen beschouwd:

- Voorbelastingen ten behoeve van de aanleg van het goederenoverdrachtspoor in Schiedam, bij station Vlaardingen Oost en ten behoeve van de aanleg van het keerspoor bij station Vlaardingen West.
- Bouwactiviteiten ten behoeve van de alternatieven.
- Vervangend vervoer. In 2017 is de Hoekse Lijn in verband met de ombouw enige tijd buiten gebruik, tussen alle stations¹ wordt dan vervangend busvervoer ingezet. Ook de goederen die normaliter per spoor naar Vlaardingen en Maassluis worden vervoerd, worden in die periode per vrachtauto vervoerd. In een latere fase is het station Hoek van Holland Strand enige tijd buiten gebruik. In het MER is uitgangspunt dat in Hoek van Holland² dan vervangend busvervoer wordt ingezet.

¹ Tussen station Schiedam Centrum, station Hoek van Holland Strand en alle tussengelegen stations.

² Tussen station Hoek van Holland Haven en station Hoek van Holland Strand.

1.10 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden het studiegebied, de uitgangspunten en de gebruikte methodiek om de hinder te bepalen beschreven. Een toelichting op het gebruikte beoordelingskader is opgenomen in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft een beschrijving van de Referentiesituatie ten aanzien van trillingshinder en laagfrequent geluidhinder, en een doorkijk naar het effect van bouwplannen in de omgeving, zoals de H6-weg en het Malibu-project in Hoek van Holland. Het alternatief *Ombouw* en de effecten van dit alternatief ten opzichte van de Referentiesituatie zijn opgenomen in hoofdstuk 5. Het alternatief *Ombouw + Verlenging*, met de diverse beschouwde varianten, wordt beschreven in hoofdstuk 6. De variantenafweging en effectbeoordeling is opgenomen in hoofdstuk 7 waarna mitigerende maatregelen worden besproken in hoofdstuk 8. In de bijlagen van dit onderzoek zijn een beschrijving van het rekenmodel, de resultaten van de gebruikte metingen, modelberekeningen en sonderingen opgenomen.

2 Scope en werkwijze

2.1 Ingreep-effectrelaties

Van de ombouw van de bestaande lijn zijn de volgende activiteiten van belang voor het thema trillings- en laagfrequent geluidhinder:

- ombouw van de sporenlay-out, onder meer door het verplaatsen van sporen, wissels en stations, alsmede de realisatie van enkele extra sporen bij de aansluiting bij Schiedam en bij enkele stations;
- wijzigingen in exploitatie van de lijn, onder meer door een ander type voertuigen en een andere rijsnelheid.

Voor het te verlengen deel zijn van belang:

- aanleg van een nieuw spoor in Hoek van Holland;
- bouw van het nieuwe station Hoek van Holland Strand;

Tijdelijke activiteiten die kunnen leiden tot trillingshinder zijn

- bouwwerkzaamheden ten behoeve van de ombouw van de stations
- bouwwerkzaamheden ten behoeve van de realisatie van gelijkrichter- en spoorbeveiligingsstations
- vrachtwagenbewegingen ten behoeve van het aanbrengen van de voorbelasting bij de intakking bij Schiedam en enkele spooruitbreidingen.

De belangrijkste ingreep-effectrelaties zijn weergegeven in Tabel 2.1. Tevens is aangegeven binnen welk criterium de betreffende relatie in het MER is onderzocht.

Tabel 2.1 Belangrijkste ingreep-effectrelaties

Ingreep	Effect	Criterium
Definitieve ingrepen		
Verplaatsen van wissels	Wijziging trillingssterkte	Trillingshinder
	Wijziging laagfrequent geluidssterkte	Laagfrequent geluidhinder
Aanleggen van nieuwe sporen	Toename trillingssterkte	Trillingshinder
	Toename laagfrequent geluidssterkte	Laagfrequent geluidhinder
Nieuw voertuigtype	Afname trillingssterkte	Trillingshinder
	Toename laagfrequent geluidssterkte	Laagfrequent geluidhinder
Ander type onderbouw Hoek van Holland	Afname trillingssterkte	Trillingshinder
	Toename laagfrequent geluidssterkte	Laagfrequent geluidhinder
Lagere topsnelheid materieel	Afname trillingssterkte	Trillingshinder
	Afname laagfrequent geluidssterkte	Laagfrequent geluidhinder

Ingreep	Effect	Criterium
Non-stopritten	Toename trillingssterkte bij stations	Trillingshinder
	Toename laagfrequent geluidssterkte bij stations	Laagfrequent geluidhinder
Tijdelijke ingrepen		
Ombouw van stations (incl. slopen)	Kans op trillingsschade	Trillingsschade
	Kans op trillingshinder	Trillingshinder
Bouw van gelijkrichter- en spoorbeveiligingsstations	Kans op trillingsschade	Trillingsschade
	Kans op trillingshinder	Trillingshinder
Aanbrengen voorbelasting spoor	Kans op trillingsschade	Trillingsschade
	Kans op trillingshinder	Trillingshinder

2.2 Studiegebied

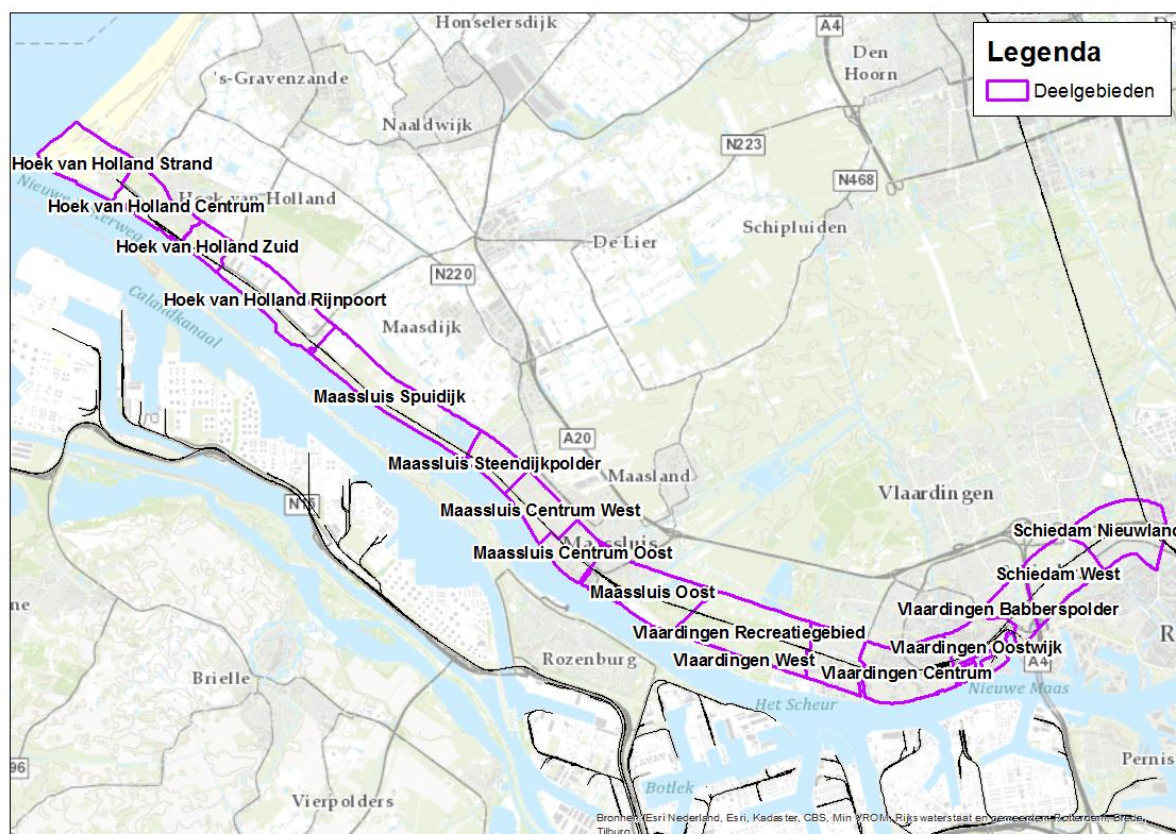
Het studiegebied valt samen met het spoortraject Schiedam Centrum – Hoek van Holland Strand. De huidige spoorlijn, in exploitatie bij de *Nederlandse Spoorwegen*, wordt omgebouwd naar gebruik door metrovoertuigen. In een van de onderzochte alternatieven wordt het bestaande station Hoek van Holland Strand verplaatst naar een locatie dicht bij de kust.

In de eindsituatie wordt het huidige metrostation Schiedam Centrum middels het doortrekken van het bestaande viaduct en een talud en de aanleg van een extra metropoor (in totaal twee doorgaande sporen en één keerspoor), aangesloten op het bestaande hoofdspoor. Daarnaast vinden wijzigingen plaats aan de stations op de lijn, om deze geschikt te maken voor gebruik door de geplande metrovoertuigen. Verder voorziet het project in een nieuw station, Maassluis Steendijkpolder.

Het gehele studiegebied voor het onderzoek naar trillingen en laagfrequent geluid is weergegeven in Figuur 2.1. Binnen dit onderzoek wordt een zone van 500 meter rond het spoor gebruikt.



MER Hoekse Lijn
Deelrapport Trillingen en lf geluid



Figuur 2.2 Opsplitsing naar deeltrajecten

Het project leidt tot de grootste wijzigingen in:

- Deeltraject Schiedam Nieuwland: de bestaande metrokeerspoelen bij de Louis Raemaekersstraat worden verlegd, verlengd en aangesloten op het hoofdspoor. Hiervoor wordt het bestaande viaduct verlengd;
- Deeltraject Hoek van Holland Centrum: het bestaande spoor wordt omgebouwd in Hoek van Holland. Het spoor wordt verlegd en het ballastspoor wordt vervangen door een ingegoten spoorstaafconstructie. Het bestaande station Hoek van Holland Strand wordt in het alternatief Ombouw + Verlenging verplaatst naar deeltraject Hoek van Holland Strand;
- Deeltraject Hoek van Holland Strand: bij alternatief Ombouw + Verlenging wordt de bestaande spoorlijn doorgetrokken. In de huidige situatie ligt er nog geen spoorlijn in dit deeltraject, het project leidt daardoor logischerwijs tot de grootste effecten voor dit deeltraject.

Verder wijzigt rond alle stations de spoorligging gedeeltelijk, wijzigt de rijnsnelheid van de voertuigen en wordt de lijn gebruikt door ander materieel. Al deze wijzigingen kunnen invloed hebben op de hinder die omwonenden ervaren ten gevolge van trillingen en laagfrequent geluid.

2.3 Uitgangspunten

Zowel bij trillingshinder als bij hinder ten gevolge van laagfrequent geluid kan de aard van de hinder worden toegeschreven aan (een combinatie van) factoren die zijn te categoriseren in drie types:

- De trillingsbron: het treinmaterieel (in de huidige situatie) en de metrovoertuigen (in de alternatieven) zorgt voor trillingen door variaties in wielomvorming, railruwheid en spoorgeometrie;

- De transmissie of overdracht tussen trillingsbron en een ontvanger: de door de trillingsbron gegenereerde trillingen worden via de bodem doorgegeven;
- De ontvanger: de door de bodem doorgegeven trillingen worden via de fundering van een gebouw naar de muren en vloeren geleid, waar personen in de woning de trillingen kunnen voelen en deze als hinderlijk kunnen classificeren. Laagfrequent geluid, maar ook trillingen kunnen, afhankelijk van de afmetingen van een gebouw en de gebruikte materialen, worden versterkt in een gebouw.

Per categorie zijn in dit onderzoek uitgangspunten gehanteerd. De gehanteerde uitgangspunten zijn hieronder weergegeven.

2.3.1 Uitgangspunten t.a.v. de trillingsbron

In deze paragraaf worden de eigenschappen van de trillingsbron nader toegelicht.

2.3.1.1 Eigenschappen voertuigen

In de huidige situatie en de Referentiesituatie in het planjaar 2025 rijdt er vrijwel uitsluitend SGM-materieel (verder NS-sprinters genoemd) van de *Nederlandse Spoorwegen* op de Hoekse Lijn, zie Figuur 2.3. Bij de verschillende alternatieven die in dit onderzoek worden beschouwd, wordt de lijn omgebouwd en wijzigt het materieel naar RSG3- en SG2/1-materieel van de RET (verder metrovoertuigen genoemd).



Figuur 2.3 Metrovoertuigen van de RET (type RSG3 links, type SG2/1 midden, bron wikipedia.com) en sprinters van NS (rechts, bron wikipedia.com)

De belangrijkste eigenschappen van het materieel zijn weergegeven in Tabel 2.2. De metrovoertuigen kenmerken zich met name door een hogere vervoerscapaciteit, een lagere topsnelheid, een lagere aslast en een groter acceleratie- en remvermogen dan het huidige materieel. Naast het reizigersvervoer vindt in een deel van het studiegebied goederenvervoer plaats. Na Maassluis vindt geen goederenvervoer meer plaats. Dit goederenvervoer kenmerkt zich door grotere materieelverschillen. In de modelberekeningen wordt voor goederenvervoer daarom een grotere spreiding in trillings- en laagfrequent geluidsterktes gehanteerd.

In Tabel 2.2 is tevens aangegeven wat de trillings- en laagfrequentgeluid karakteristieken zijn van de metro- en goederenvervoertuigen, vergeleken met de NS-sprinters.

Goederentreinen zorgen doorgaans voor de grootste trillingssterktes, terwijl metrovoertuigen voor de grootste laagfrequent geluidsterktes zorgen.

Tabel 2.2 Belangrijkste eigenschappen NS-sprinters, metrovoertuigen en goederentreinen

	NS-sprinters	Metrovoertuigen	Goederentreinen
Maximum snelheid	120 km/h	100 km/h	100 km/h
Ledig gewicht	142 ton	44.2 of 65.5 ton	Variabel
Capaciteit	166 inzittenden	217 of 281 inzittenden	Variabel
Aslast bij volledige belading	12 ton	11 ton	10 – 23 ton
Lengte	52.2 of 78.7 m	30.5 of 42.7 m	Variabel
Trillingskarakteristieken	referentie	beter	slechter
Laagfrequent geluidkarakteristieken	referentie	slechter	beter

2.3.1.2 Sporenlay-out

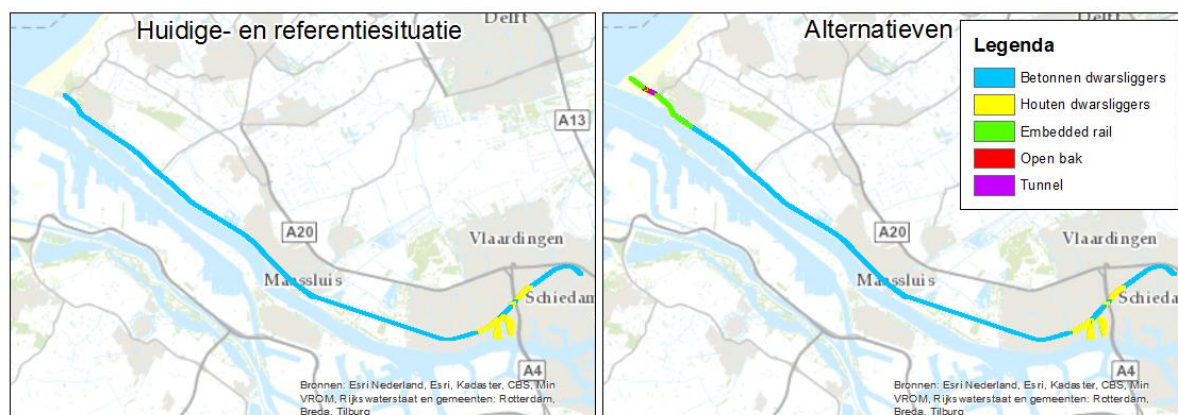
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van een groot aantal tekeningen. De huidige sporenlay-out is afkomstig van de online BBK-database van ProRail, deze is up-to-date op het moment van het onderzoek. Voor de sporenlay-out in de onderzochte alternatieven en varianten is gebruik gemaakt van de in Tabel 2.3 weergegeven tekeningen.

Tabel 2.3 Gebruikte tekeningen

Nr	Naam	Alternatief
1	<i>Hoekse Lijn, Trajectoverzicht nieuwe situatie, integraal definitief ontwerp, B-HBA-DT-300, 31 maart 2014</i>	Ombouw + Verlenging
2	<i>Strandweg, onderdoorgang + gesloten variant, concept, 4 juli 2014</i>	Ombouw + Verlenging – variant Strandweg verdiept
3	<i>Station Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II, diverse tekeningen, B-HBK-VT-390 tot B-HBK-VT-393, 31 maart 2014</i>	Ombouw + Verlenging
4	<i>Station Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II, diverse tekeningen, B-HBK-VT-394 tot B-HBK-VT-397, 31 maart 2014</i>	Ombouw + Verlenging – variant open bak Vinetaduïn
5	<i>Hoekselij – Vrije baan Schiedam Centrum – Hoek van Holland Km 504.800 t/m 505.400, HL-SB-TEK-PLS-00010, 29 september 2014</i>	Ombouw – variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven
6	<i>Station Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II, Dwarsdoorsnede baanopbouw spoorverlenging, B-HBK-VT-398a, 31 maart 2014</i>	Ombouw + Verlenging
7	<i>Station Hoek van Holland Haven – Hoek van Holland Strand II, Zandopvang bij wissel, B-HBK-VT-399a, 31 maart 2014</i>	Ombouw + Verlenging

2.3.1.3 Spooropbouw

De bovenbouw van het spoor bestaat in de huidige situatie grotendeels uit betonnen dwarsliggers. Op sommige locaties bestaat het spoor uit houten dwarsliggers. In de onderzochte alternatieven wordt het spoor in Hoek van Holland vernieuwd en wordt het spoor in ballast vervangen door een embedded rail constructie. Een deel van het spoor komt in een open bak en tunnel te liggen. De bovenbouwconstructies, zoals gebruikt in het model voor de diverse situaties, zijn weergegeven in Figuur 2.4. Een detailkaart van Hoek van Holland is weergegeven in Figuur 2.5.



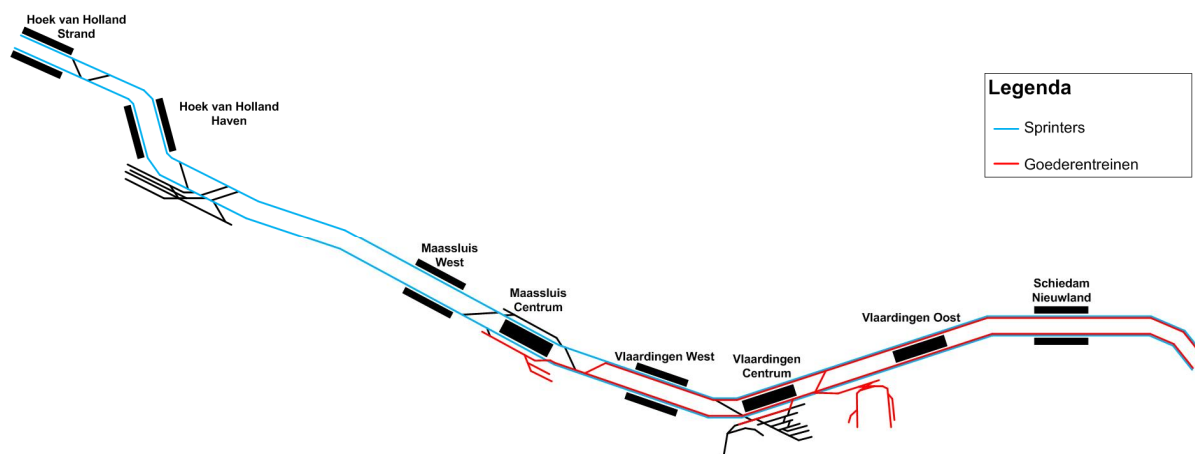
Figuur 2.4 Bovenbouwconstructie in de huidige en Referentiesituatie (links) en de onderzochte alternatieven (rechts)



Figuur 2.5 Bovenbouwconstructie in de huidige en Referentiesituatie (links) en het alternatief Ombouw + Verlenging (rechts) voor Hoek van Holland

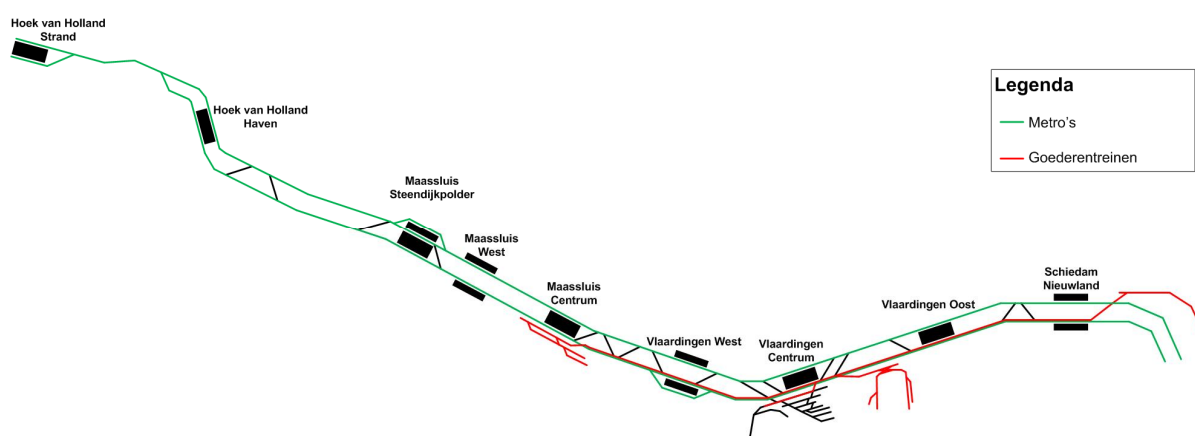
2.3.1.4 Spoorgebruik

In de onderzochte alternatieven wordt een wijziging in spoorgebruik voorzien. In de huidige situatie rijden de NS-sprinters over beide sporen, evenals de goederentreinen. Goederentreinen voor Vopak (bij de Vulcaanhaven in Vlaardingen) maken kop op het rangeerterrein bij Vlaardingen Centrum, goederentreinen bestemd voor Conline (bij Maassluis Centrum) maken daar kop. Het spoorgebruik is weergegeven in Figuur 2.6.



Figuur 2.6 Spoorgebruik (schematisch) in de huidige situatie (2014) en de Referentiesituatie (2025)

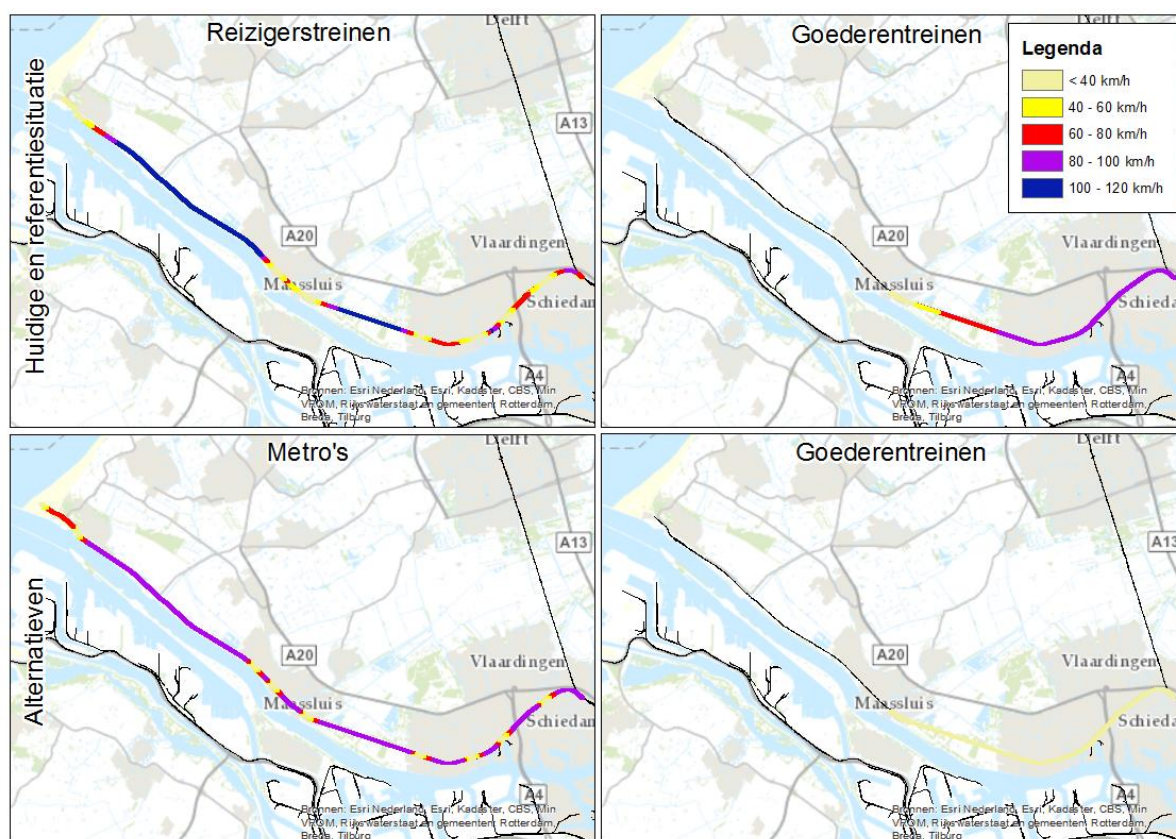
Het spoorgebruik door metrovoertuigen in de plansituatie is niet significant anders dan voor de sprinters in de huidige situatie. Bij een aantal station (Vlaardingen West, Maassluis Steendijkpolder) wordt een extra spoor gerealiseerd. Deze stations worden kopstations voor een aantal metro's per dag. Deze metro's zullen bij het keren gebruik maken van deze extra sporen. Goederentreinen takken in de plansituatie in vanuit een nieuw te realiseren aansluitboog bij Schiedam, en rijden vervolgens alleen over het meest zuidelijke spoor, zie Figuur 2.7.



Figuur 2.7 Spoorgebruik (schematisch) bij de onderzochte alternatieven in 2025

2.3.1.5 Voertuigsnelheid

Ten gevolge van de ombouw van de Hoekse Lijn wijzigt de snelheid van de voertuigen. Zoals zichtbaar is in Tabel 2.2, is de maximale snelheid van de toekomstige metrovoertuigen lager dan die van de huidige NS-sprinters (100 resp. 120 km/h). Metrovoertuigen remmen sneller en trekken sneller op dan de NS-sprinters. De snelheid in de huidige en Referentiesituatie en de onderzochte alternatieven is weergegeven in Figuur 2.8. Goederentreinen rijden na de ombouw met een maximale snelheid van 40 km/h. In de huidige situatie rijden deze treinen 80 tot 100 km/h. In het onderzoek is rekening gehouden met non-stopritten in de situatie na ombouw, in de late avond en vroege morgen, hierbij rijden de metrovoertuigen met hogere snelheid langs de stations.



Figuur 2.8 Voertuigsnelheden in de huidige- en Referentiesituatie (boven) en de onderzochte alternatieven (onder). Links reizigerstreinen resp. metro's (excl. non-stopritten), rechts goederentreinen

2.3.1.6 Gebruikte jaargegevens

Voor de huidige situatie worden de sporenlay-out, het spoorgebruik en de treinaantallen van 2014 gebruikt. Voor zowel de Referentiesituatie als de onderzochte alternatieven is 2025 het peiljaar.

2.3.1.7 Intensiteiten

De intensiteiten in aantal voertuigen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 2.4. Hierin staat *Nu* voor de huidige situatie (2014), *Ref* voor de referentie- of autonome groeisituatie in 2025, waarbij het spoor in exploitatie blijft door NS, en *Plan* voor de onderzochte alternatieven, eveneens in 2025.

Op drukke stranddagen, waarvan er naar verwachting 13 tot 15 per jaar voorkomen, zal de ritfrequentie naar Hoek van Holland Strand hoger zijn dan zoals weergegeven in Tabel 2.4. Het aantal voertuigen heeft geen invloed op de maximale trillingssterkte en het laagfrequent geluidsniveau, waar in deze MER op wordt beoordeeld. Op de resultaten van het onderzoek heeft dit dus geen invloed. Wel impliceert dit dat op drukke stranddagen het aantal momenten per uur waarop de metro's als hinderlijk kunnen worden ervaren, toeneemt. Deze situatie doet zich overigens alleen overdag voor.

In het onderzoek is rekening gehouden met 5 procent metrovoertuigen van het type SG2/1 en 95 procent van het type RSG3. Verder is in de vroeg morgen en late avond rekening gehouden met non-stopritten.

Ten aanzien van goederentreinen is de verwachting dat het goederenverkeer zal toenemen, van de huidige gemiddeld 4 per week naar maximaal 15 per week.

Tabel 2.4 Intensiteiten in aantallen voertuigen per uur per richting³

Lijn	Dag (7:00 – 19:00)			Avond (19:00 – 23:00)			Nacht (23:00 – 7:00)		
	Nu	Ref	Plan	Nu	Ref	Plan	Nu	Ref	Plan
SPR Schiedam Centrum – Vlaardingen Centrum	4.00	6.00	-.--	2.67	2.67	-.--	1.13	1.13	-.--
SPR Vlaardingen Centrum – Maassluis West	4.00	4.00	-.--	2.67	2.67	-.--	1.13	1.13	-.--
SPR Maassluis West – Hoek van Holland Strand	2.00	2.00	-.--	1.86	1.86	-.--	0.92	0.92	-.--
MT Schiedam Centrum – Vlaardingen West	-.--	-.--	9.00	-.--	-.--	4.00	-.--	-.--	1.50
MT Vlaardingen West – Maassluis Steendijkpolder	-.--	-.--	6.00	-.--	-.--	4.00	-.--	-.--	1.50
MT Maassluis Steendijkpolder – Hoek van Holland Strand	-.--	-.--	3.00	-.--	-.--	2.00	-.--	-.--	1.00
GO Schiedam Centrum – Vlaardingen Centrum	0.05	0.06	0.06	0.01	0.18	0.18	0.01	0.09	0.09
GO Vlaardingen Centrum – Maassluis Centrum	0.02	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.3.1.8 Cumulatie met overige trillingsbronnen

De cumulatie van de trillingen van trein- of metroverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer deze trillingsbronnen afzonderlijk worden beschouwd. In het studiegebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtverkeer. In de praktijk treedt cumulatie alleen op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes en trillingsspectra. Dit betekent doorgaans dat de afstand tussen de bebouwing en beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn. In de praktijk betekent dit dat alleen die trillingsbronnen dienen te worden beschouwd, die parallel aan het spoor lopen;
2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een trein- of metropassage ook een ander voertuig passeert dat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke buslijnen of intensief door vrachtverkeer gebruikte wegen.

Op basis van bovenstaande overwegingen en de karakteristieken van het wegverkeer in het studiegebied worden geen cumulatieve effecten verwacht die tot significant andere conclusies van het onderzoek zullen leiden. In dit onderzoek is cumulatie daarom niet nader meegenomen in de berekeningen.

2.3.2 Uitgangspunten t.a.v. de transmissie

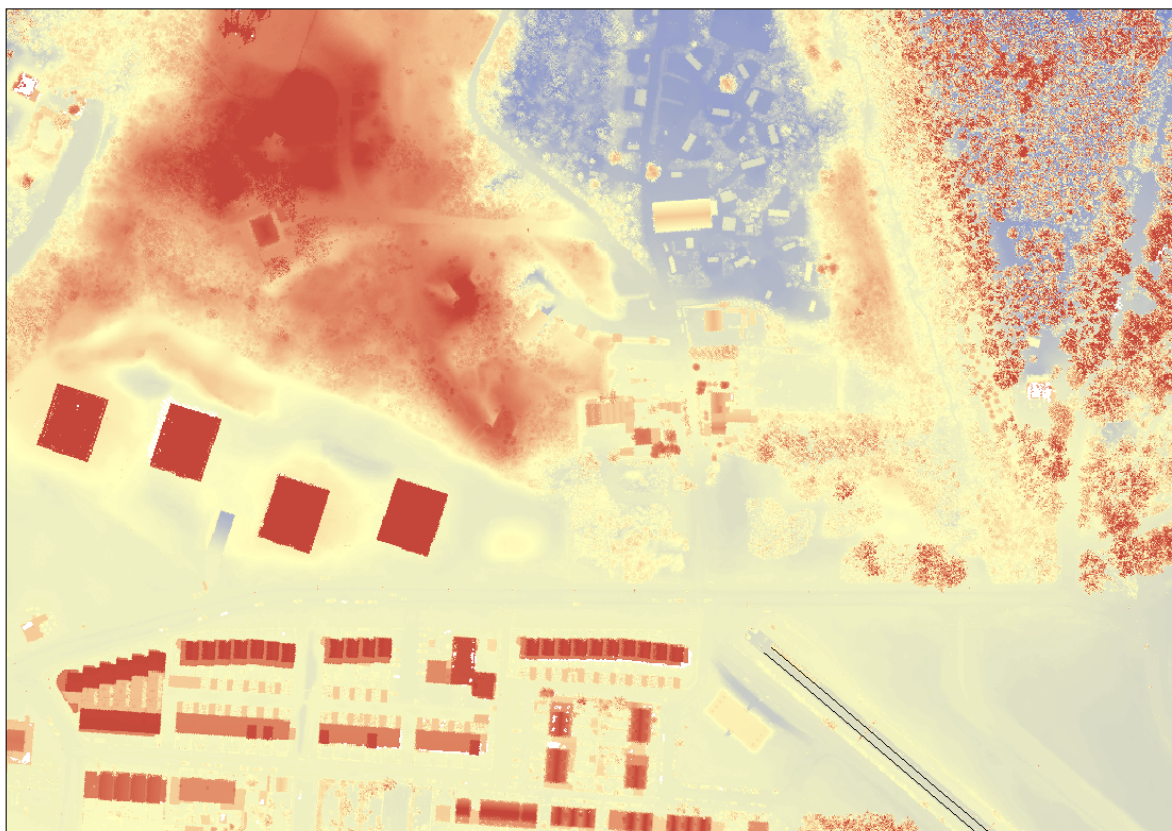
Onder de transmissie wordt het pad verstaan tussen de trillingsbron en de woning. De belangrijkste parameters hierin zijn de aanwezigheid van eventuele obstakels tussen de trillingsbron en de woning, zoals damwanden of een spoorssloot, en de opbouw van de bodem.

De positie en diepte van sloten is bepaald met behulp van gegevens uit het *Actuele Hoogtebestand Nederland 2* (AHN2). Met behulp van deze gegevens is met grote nauwkeurigheid de geometrie van de bodem in kaart gebracht. Eventuele damwanden en andere obstakels zijn uit tekeningen van het

³ SPR = Sprinter, SGM-materieel van NS. MT = Metro, RSG3-materieel van RET. GO = Goederentrein. Verder staat *Nu* voor de huidige situatie (2014), *Ref* voor de referentie- of autonome groeisituatie (2025) en *Plan* voor de onderzochte alternatieven (2025).

spoorontwerp bepaald. Een voorbeeld van het huidige gebied rond station Hoek van Holland Strand is weergegeven in Figuur 2.9.

De grondopbouw is bepaald aan de hand van sonderingen en maaiveldmetingen. Langs de gehele lijn zijn in totaal zestien maaiveldmetingen uitgevoerd. De locaties van de maaiveldmetingen zijn dusdanig gekozen dat alle langs de lijn aanwezige types bodemopbouw worden vertegenwoordigd in de metingen. De gebruikte sonderingen voor dit onderzoek zijn weergegeven in Bijlage 5.



Figuur 2.9 Voorbeeld AHN2-gegevens voor omgeving Hoek van Holland Strand (huidige situatie)

2.3.3 Uitgangspunten t.a.v. de ontvanger

In het MERonderzoek worden alleen woningen beschouwd. De gebruikte uitgangspunten zijn:

1. Voor de fundering van woningen wordt de aanname gemaakt dat alle woningen, uitgezonderd die waarvan de bouwhoogte meer is dan 20 meter, in de gemeente Rotterdam (Hoek van Holland) op staal zijn gefundeerd en alle overige woningen op palen. Deze aanname is gebaseerd op de grondopbouw, afkomstig uit sonderingen, zie ook Bijlage 5;
2. Voor de adressen, gebruiksfunctie (*wonen, gezondheidszorg, etc.*) en afmetingen van de gebouwen wordt gebruik gemaakt van de *Basisregistraties Adressen en Gebouwen* (BAG) van februari 2014. De hoogte van gebouwen is bepaald door deze te koppelen aan de AHN2-hoogtebestanden;
3. Het type vloeren van gebouwen is, bij bouwjaar na 1975 als beton verondersteld, en daarvoor als hout;

4. Voor nieuwbouwplannen waarvan de exacte locatie van de bebouwing nog onduidelijk is, wordt het gehele bestemmingsplanvlak berekend met de meest waarschijnlijke hoogte. Het aantal toekomstige bewoners wordt gelijk verspreid over dit mogelijke bouwvlak. Er is een inventarisatie verricht van alle bestemmingsplannen die in de nabijheid van de Hoekse Lijn zijn gelegen. In Tabel 2.5 zijn de bestemmingsplannen langs het tracé weergegeven.

Tabel 2.5 *Overzicht gebruikte bestemmingsplannen Hoekse Lijn*

Locatie	Omschrijving	Bestemmingsplankaart
Schiedam		
Nieuwland Parkweg Noord	Bouwplan bestaande uit enkele woontorens van 13 bouwlagen en grondgebonden woningen (maximaal 3 bouwlagen).	Stedebouwkundig programma van eisen Schiedam Nieuwland, Parkweg Noord d.d. 11 juni 2011. Hierbij is uitgegaan van de variant waar direct ten oosten van de Parkweg, voor de nog niet uitgewerkte bebouwing, enkele woontorens zijn opgenomen.
Spieringshoek	Bouwplan bestaande uit een woontoren van maximaal 22 bouwlagen en vier rijtjes met grondgebonden woningen (maximaal 3 bouwlagen) waarvoor bouwvergunning is verleend.	
Ventura-locatie	Aan het noorden van het spoor, ten westen van de Poldervaart zijn 160 woningen voorzien, waarvan 50 appartementen. Het bestemmingsplan voor de ontwikkeling van dit gebied zal in juni of juli 2015 worden vastgesteld.	
Vlaardingen		
Park Vijfsluizen	De nieuwe ontwikkelingen zijn gericht op de transformatie van het voormalige sportcomplex naar een multifunctioneel park met kantoorfuncties en bijbehorende voorzieningen. Ook zal een deel van de bestaande bebouwing en een deel van het park in de huidige staat behouden blijven met een andere invulling.	Bestemmingsplan Vijfsluizen, Vlaardingen, d.d. december 2012.
Vettenoordsepolder Oost	Enkele kleinschalige aanpassingen. Bestemmingsplan is vastgesteld op 27 juni 2013 en onherroepelijk geworden op 29 augustus 2013.	Bestemmingsplan Vettenoordsepolder oost, Vlaardingen
Stationsgebied Centrum	Bouwplan aan beide zijden van het	Mail van de gemeente Vlaardingen met

Locatie	Omschrijving	Bestemmingsplankaart
	spoor met onder andere woningen (laag- en hoogbouw) Onherroepelijk geworden op 2 september 2009	bouwhoogten d.d. 28 februari 2014.
Maassluis		
Het Balkon (Het Lage Licht)	461 woningen (Laag en hoogbouw).	Conform tekening van Kuiper Compagnons (pdf-format); Rest fase 2, fase 3 en 4 ruimtelijke uitgangspunten d.d. 6-3-2012. en conform BAG versie januari 2014.
Hoek van Holland		
Berghaven Noord	24 eengezinswoningen in de driehoek Stationsweg, Cruciusweg en Havenweg waarvan de bouw is gestart	Conform BAG versie februari 2014
Kavels Stationsweg	Vrijstaande woningen (maximaal 3 bouwlagen)	Conform tekening smp-stationsweg-hvh-090507-obr.dwg d.d. 9-5-2007
Warmte Kracht Installatie aan de Strandweg	Bouw van een WKK-installatie (Ketelhuis). De schoorsteen hoogte is nog niet bekend, aanname is 25 meter hoog. De rookgastemperatuur is ca. 70 grad met een debiet van ca 8.000.000 nm3/jr.	
Korrelbeton	Start bouw fase 1 gepland medio 2016, de RO procedure zal naar verwachting nog dit jaar starten. In fase 1 van het project worden 66 woningen gesloopt en komen daar 75 woningen voor terug.	
Malibu	Plaatsen van geschakelde recreatiewoningen op het strand vanaf het Noorderhoofd tot aan paviljoen Zeebad/Zeebries. De eerste fase bestaat uit 28 recreatiewoningen, per 2 geschakeld en verdeeld in 2 groepen. Het gaat om recreatieverhuur woningen, voor weekend/week (geen particuliere	

Locatie	Omschrijving	Bestemmingsplankaart
	verhuur).	

De volgende bestemmingsplannen zijn niet gebruikt in het onderzoek naar trillingshinder- en hinder ten gevolge van laagfrequent geluid:

1. Vlaardingen – Park Vijfsluizen. De bebouwing heeft geen invloed op de trillingen in de omgeving en de geplande nieuwe bebouwing heeft de functie *kantoor*. Deze gebouwfunctie valt buiten de scope van het onderzoek;
2. Hoek van Holland – Warmte Kracht Installatie aan de Strandweg. De bebouwing heeft geen invloed op de trillingen in de omgeving en de geplande nieuwe bebouwing heeft de functie *kantoor*. Deze gebouwfunctie valt buiten de scope van het onderzoek.

In dit onderzoek wordt gerekend met een gemiddelde van 2,3 personen per woning. Voor gebouwen met de functie *gezondheidszorg* wordt gerekend met een gemiddelde bezetting van 90 procent van het totale aantal bedden.

2.3.4 Tijdelijke effecten

Tijdelijke effecten zijn die effecten die optreden tijdens de ombouw van het spoor en de eventuele verlenging. Bij de beschouwde alternatieven zal nader worden ingegaan op de verwachte tijdelijke effecten, deze beschouwing zal voornamelijk kwalitatief worden uitgevoerd.

Globaal bezien vinden er voornamelijk werkzaamheden plaats in de omgeving van de stations en bij het te verlengen deel van het tracé. Een exacte lijst met de locaties van bouwwerkzaamheden is opgenomen in Bijlage 6. Voor de bepaling van de contouren waarbinnen mogelijk schade kan optreden wordt gebruik gemaakt van de empirische modellen uit de richtlijn CUR166 [CUR 2012], zie ook paragraaf 2.4.1.

2.4 Methodiek en gebruikte software

In deze paragraaf wordt de voor het onderzoek gevolgde aanpak beschreven.

2.4.1 Trillingsschade

Om te bepalen of er aan of in een gebouw een kans is op trillingsschade resp. trillingshinder in de tijdelijke situatie, tijdens de ombouw, wordt gebruik gemaakt van de rekenregels van de richtlijn CUR166 [CUR 2012].

De CUR166 maakt onderscheid tussen verschillende types sonderingen. Afhankelijk van de gebiedsindeling in Bijlage 5 is de meest passende sondering uit Bijlage C van deze richtlijn geselecteerd, zie Tabel 2.6.

De gebruikte aannames voor de berekeningen zijn:

- Heipalen zijn vierkant en van beton. Voor perrons worden palen gebruikt met afmetingen 350 x 350 mm, voor viaducten 450 x 450 mm. De lengte is afhankelijk van de sondering en weergegeven in Tabel 2.6;
- Damwanden hebben een planklengte van 10 meter, type is AZ26-700. Alle damwanden worden met een hoogfrequent trilblok ingetrild;
- De trillingen van vrachtwagenbewegingen ten behoeve van de ombouw zijn bepaald uit metingen op diverse locaties in Nederland.

Tabel 2.6 Berekeningsgegevens voor trillingsschade, CUR166

Nr.	Bijlage C	Heien palen					Intrillen damwanden					Vrachtwagens	
		v_0 (mm/s)	α (m ⁻¹)	L_{paal} (m)	E_{pot} (kNm)	$v_{0,\text{cor}}$ (mm/s)	v_0 (mm/s)	α (m ⁻¹)	C_{vel} (mm/s/kN)	F (kN)	$v_{0,\text{cor}}$ (mm/s)	v_0 (mm/s)	α (m ⁻¹)
1	Rotterdam	0.052	0.03	19	72	12.4	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.05	0.052
2	Rotterdam	0.052	0.03	18	52	10.6	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.05	0.052
3	Rotterdam	0.052	0.03	19	55	10.9	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.05	0.052
4	Rotterdam	0.052	0.03	20	58	11.2	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.05	0.052
5	Rotterdam	0.052	0.03	22	63	11.7	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.00	0.045
6	Rotterdam	0.052	0.03	24	69	12.2	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.00	0.045
7	Rotterdam	0.052	0.03	16	46	10.0	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.00	0.045
8	Rotterdam	0.052	0.03	26	75	12.7	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.00	0.045
9	Rotterdam	0.052	0.03	27	78	13.0	9.0	0.00	0.011	650	12.3	1.00	0.045
10	Rotterdam	0.052	0.03	25	72	12.5	9.0	0.00	0.011	650	12.3	0.95	0.035
11	Rotterdam	0.052	0.03	29	84	13.5	9.0	0.00	0.011	650	12.3	0.88	0.030
12	Maasvlakte	0.080	0.00	6	17	9.4	6.7	0.00	0.007	1150	12.3	0.80	0.025
13	Maasvlakte	0.080	0.00	6	17	9.4	6.7	0.00	0.007	1150	12.3	0.65	0.010
14	Maasvlakte	0.080	0.00	6	17	9.4	6.7	0.00	0.007	1150	12.3	0.74	0.015
15	Maasvlakte	0.080	0.00	6	17	9.4	6.7	0.00	0.007	1150	12.3	0.65	0.010
16	Maasvlakte	0.080	0.00	6	17	9.4	6.7	0.00	0.007	1150	12.3	0.57	0.005

De trilsnelheid op de fundering kan vervolgens worden berekend met vergelijking 1 voor het heien van palen en het intrillen van damwanden:

$$v_{\text{max}} = v_{0,\text{cor}} \cdot 0.7 \cdot \sqrt{\frac{5}{r}} \cdot e^{-\alpha \cdot (r-5)} \quad (1)$$

Hierin is $v_{0,\text{cor}}$ gegeven in Tabel 2.6, en r is de afstand tot de werkzaamheden. De trilsnelheid op de fundering ten gevolge van vrachtwagenbewegingen kan worden berekend met behulp van vergelijking 2:

$$v_{\text{max}} = v_0 \cdot \left(\frac{5}{r}\right)^{0.47} \cdot e^{-\alpha \cdot (r-5)} \quad (2)$$

De grenswaarde voor schade uit de SBR A-richtlijn is afhankelijk van de frequentie. Bij heien bevindt de dominante frequentie zich doorgaans in het frequentiegebied onder de 10 Hz. Intrillen van damwanden vindt plaats bij een frequentie van 38 Hz. De dominante frequentie van de trillingen ten gevolge van vrachtwagenbewegingen is minimaal 10 Hz.

De bijbehorende grenswaarden, gecorrigeerd voor een indicatieve meting (correctiefactor 1.6) voor gebouwen van categorietype 1, 2 en 3⁴ en voor zettingen aan de fundering, zijn weergegeven in Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Grenswaarden in SBR A-richtlijn

	Categorie 1 (mm/s)	Categorie 2 (mm/s)	Categorie 3 (mm/s)	Fundatie (t.a.v. zettingen) (mm/s)
Heien (< 10 Hz)	8.33	2.08	1.25	9.95
Trillen (38 Hz)	8.50	3.00	1.47	2.63
Vrachtwagens (10 Hz)	8.33	2.08	1.25	9.95

Met behulp van vergelijking 1, de waarden in Tabel 2.6 en de grenswaarden in Tabel 2.7 kunnen contourafstanden worden bepaald rond de werkzaamheden en kan worden bepaald of er een kans op schade is tijdens de bouwphase voor een bepaald gebouw.

2.4.2 Trillingshinder

Om voor alle woningen in het studiegebied te bepalen of het project leidt tot een toename in hinder ten gevolge van trillingen, is de volgende aanpak gehanteerd:

1. Meten van het trillingsspectrum van het huidige materieel op maaiveld op verschillende afstanden tot het spoor langs de Hoekse Lijn, zie Bijlage 2;
2. Met behulp van metingen en modellen bepalen van de correctiefactor voor wijzigingen in voertuigtype en type spoorconstructie;
3. Bepalen van de trillingssituatie in de huidige situatie, de Referentiesituatie en de diverse beschouwde alternatieven en varianten in alle woningen binnen een zone van 500 meter. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de trillingsspectra op het maaiveld, met behulp van zowel analytische als empirisch bepaalde formules wordt de overdracht van maaiveld naar de fundering en naar boven in het gebouw bepaald. Deze formules zijn afhankelijk van de eigenschappen van de bebouwing.

Om de trillingssituatie in de woningen te berekenen, is gebruik gemaakt van het rekenmodel *VibraDyna* (versie 1.5). Een toelichting op het gebruikte model is weergegeven in Bijlage 1. In dit onderzoek wordt gesproken over een kans op trillingshinder, omdat het model rekent met een conservatieve bovengrens voor de trillingssterkte, en omdat de mate waarin mensen trillingen als hinderlijk ervaren, sterk verschilt per persoon.

Voor de kans op trillingshinder in de (tijdelijke) bouwphase wordt de trillingssituatie op de vloeren bepaald vanuit vergelijking (1) en wordt een extra correctie toegepast volgens vergelijking 3:

$$V_{eff,max} = V_{max} \cdot factor \cdot C_{fc} \quad (3)$$

Hierin is V_{max} is de trilsnelheid op de fundering, de waarde van *factor* is afhankelijk van het type werkzaamheden en de waarde van C_{fc} van zowel het type werkzaamheden als het type vloer (hout of beton), zie Tabel 2.8. Voor heien en trillen zijn de parameters bepaald op basis van de CUR166. Voor vrachtwagens worden dezelfde eigenschappen gehanteerd als voor trillen.

⁴ Zie voor een uitleg bij deze categorietypen paragraaf 3.1.1

Tabel 2.8 Parameters C_{fc} en factor

		C_{fc} hout	C_{fc} beton	factor
Heien		1.4	1.4	0.42
Trillen		2.7	1.8	0.64
Vrachtwagens	2.7	1.8		0.64

Met behulp van vergelijking 1 tot en met 3 en Tabel 2.6, Tabel 2.7 en Tabel 2.8 kunnen contourafstanden worden getekend voor de grenswaarden voor hinder. Alle woningen binnen deze contouren kunnen tijdelijk hinder ondervinden van het project.

2.4.3 Laagfrequent geluidhinder

Laagfrequent geluid ontstaat doordat de vloeren en wanden van gebouwen dichtbij een spoor in trilling worden gebracht. Het trillen van de wanden en vloeren van het gebouw kan hoorbaar geluid veroorzaken, zogenaamd laagfrequent geluid [COB-2001]. Doorgaans treedt hinder ten gevolge van laagfrequent geluid op in de buurt van tunnels en andere ondergrondse constructies.

In het huidige onderzoek wordt de hinder ten gevolge van laagfrequent bepaald aan de hand van het trillingsspectrum in de gebouwen. Dit spectrum wordt eveneens bepaald met behulp van het rekenmodel *VibraDyna*. In tegenstelling tot trillingshinder wordt nu het spectrum van 10 tot 250 Hz beschouwd (bij trillingshinder is dat het spectrum van 1 tot 80 Hz). Het geluidsdrukniveau wordt berekend met vergelijking 4 [Berg 1999]:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10}(v(f)^2) + 10 \cdot \log_{10}(kamerfactor) + 90.9 \quad (4)$$

Hierbij is L_p het geluidsdrukniveau in dB, $v(f)$ is de waarde van het trillingsspectrum in mm/s, en de kamerfactor is een indicator voor de mate waarin het trillingsspectrum wordt afgestraald naar laagfrequent geluid. Voor houten vloeren is in dit onderzoek een factor van 0.03 gebruikt, en voor betonnen vloeren een factor van 0.3.

Toetsing van laagfrequent geluid vindt plaats op basis van het A-gewogen geluidsdrukniveau, de zogenaamde $L_{A,max}$. Om de hinder t.g.v. laagfrequent geluid in de woningen te bepalen, is dit totale, energetisch gesommeerde en A-gewogen geluidsdrukniveau voor het frequentiebereik van 10 tot 250 Hz bepaald en beoordeeld op de grenswaarde.

Ook voor laagfrequent geluidhinder wordt in dit onderzoek gesproken over een kans op hinder, omdat de huidige rekenmethodiek conservatief is. Bij het uitvoeren van metingen in gebouwen om laagfrequent geluidhinder vast te stellen, wordt doorgaans beoordeeld op een gemiddeld laagfrequent geluidsspectrum. In dit onderzoek wordt echter niet gerekend met het gemiddelde, maar met een bovengrenswaarde met een betrouwbaarheid van 95 procent. De kans dat het werkelijk optredende maximale laagfrequent geluidsniveau hoger is dan in dit onderzoek wordt gehanteerd, is dus kleiner dan 5 procent. De kans op een (aanzienlijk) lager laagfrequent geluidsniveau is daarentegen groot.

3 Beoordelingskader

3.1 Richtlijnen en beleid

Zowel voor trillingsschade, trillingshinder, als hinder ten gevolge van laagfrequent geluid ontbreekt er wetgeving in Nederland. Beoordeling van deze milieueffecten vindt daarom doorgaans plaats op basis van beschikbare richtlijnen. In de volgende subparagrafen worden de in dit onderzoek gebruikte richtlijnen nader toegelicht.

3.1.1 Trillingsschade

Bouwwerkzaamheden, en in zeldzame gevallen ook weg- en spoorverkeer, kunnen leiden tot trillingen in gebouwen die dermate groot zijn dat er schade aan het gebouw kan optreden. Het optreden van daadwerkelijke schade is niet alleen afhankelijk van het type trillingsbron en de trillingssterkte van de bron, maar ook van de staat van het gebouw, de bodem tussen de trillingsbron en de bebouwing en eventuele obstakels in de bodem tussen de trillingsbron en het gebouw.

Het daadwerkelijk van een relatie tussen de opgetreden schade bij bijvoorbeeld bouwwerkzaamheden en de opgetreden trillingen, wordt doorgaans gedaan door het uitvoeren van metingen tijdens de werkzaamheden, gecombineerd met een bouwkundige opname van het gebouw voor en na de werkzaamheden. Schade die in de tussentijd is ontstaan, kan mogelijk gerelateerd worden aan de bouwwerkzaamheden.

Om te beoordelen of activiteiten zoals bouwwerkzaamheden tot schade aan gebouwen in de omgeving leiden, wordt in Nederland doorgaans gebruik gemaakt van de SBR richtlijn [SBR 2002]. Deze richtlijn is gebaseerd op de Duitse DIN 4150-2 [DIN 1999] norm. Deel A van de SBR richtlijn beschrijft hoe trillingsschade dient te worden geadresseerd, en gaat onder meer in op de wijze van meten en het vaststellen van grenswaarden.

In de SBR A-richtlijn worden de grenswaarden voor trillingsschade vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria:

1. Type bouwwerk. De SBR A-richtlijn maakt onderscheid tussen drie types gebouwen:
 - a. Categorie 1: gebouwen in goede staat, opgebouwd uit gewapend beton of hout;
 - b. Categorie 2: gebouwen in goede staat, opgebouwd uit metselwerk;
 - c. Categorie 3: oude, monumentale of in slechte staat verkerende gebouwen;
2. Type trillingsbron. Ook hier maakt de SBR A-richtlijn onderscheid tussen drie types trillingsbronnen:
 - a. Incidentele, kortdurende trillingen, zoals explosies en botsingen. Hierbij wordt een veiligheidsfactor gebruikt van 1.0;
 - b. Herhaalde, kortdurende trillingen, zoals voertuigpassages van treinen. Hierbij wordt een veiligheidsfactor van 1.5 gebruikt;
 - c. Continue trillingen, zoals heien en het intrillen van damwanden. De veiligheidsfactor die gebruikt wordt is 2.5.
3. Type meting. Afhankelijk van het aantal meetpunten moet een grotere of kleinere veiligheidsfactor worden toegepast. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie types metingen:

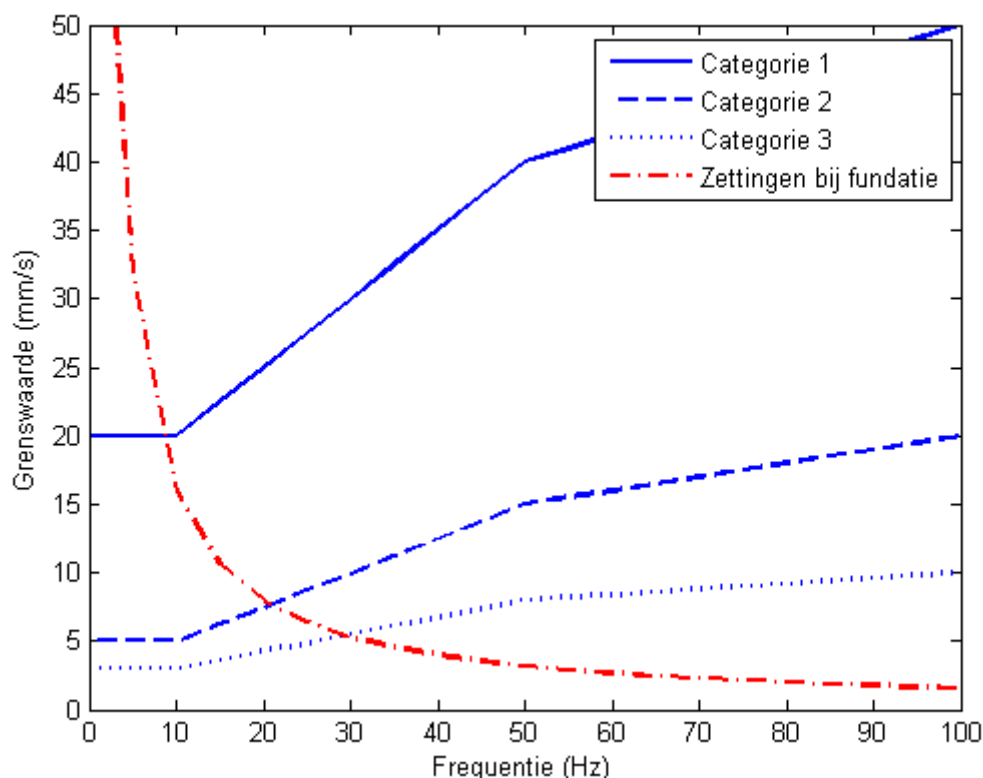
- a. Indicatieve meting. Hierbij wordt slechts op één meetpunt, op een stijf punt aan de fundering, in drie richtingen gemeten. De veiligheidsfactor die gebruikt wordt bij dit type meting is 1.6;
- b. Beperkte meting. Hierbij wordt zowel op een stijf punt aan de fundering als op ten minste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten. Hierbij dient een veiligheidsfactor te worden gebruikt van 1.4;
- c. Uitgebreide meting. Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting. De veiligheidsfactor is 1.0.

Tijdens de exploitatiefase, na ombouw van de Hoekse Lijn, worden geen activiteiten uitgevoerd die tot schade aan gebouwen kunnen leiden. Uit onderzoek in Nederland van de laatste jaren blijkt dat trein- en metroverkeer slechts op zeer korte afstand tot het spoor (minder dan 5 meter) tot schade aan gebouwen kan leiden, maar dan vrijwel uitsluitend bij gebouwen in slechte staat. In dit onderzoek is geen sprake van dergelijke situaties, zodat eventuele trillingsschade tijdens de exploitatie van de Hoekse Lijn buiten beschouwing kan worden gelaten.

Tijdens de ombouw van de Hoekse Lijn worden wel bouwwerkzaamheden uitgevoerd die mogelijk tot schade aan gebouwen kunnen leiden. De werkzaamheden die mogelijk tot schade kunnen leiden, zijn het intrillen van damwanden (bij station Vlaardingen West, station Schiedam Nieuwland, het nieuwe goederenviaduct over de Parkweg in Schiedam en de intakking van de metrolijn bij Schiedam) en heiwerkzaamheden (bij alle stations, technische ruimtes, gelijkrichterstations en spoorbeveiligingsstations). Ook de vrachtwagenbewegingen ten behoeve van het aanbrengen van voorbelasting kunnen tot schade in woningen leiden. Voorbelasting wordt aangebracht bij de nieuwe sporen bij Schiedam, Vlaardingen West en Maassluis Steendijkpolder.

In dit onderzoek wordt alleen gerekend met resultaten op de fundering (type meting is dus indicatief), daarom wordt een veiligheidsfactor van 1.6 toegepast op de berekende trilsnelheid. De grenswaarden per gebouwcategorie zijn afhankelijk van de dominante frequentie van de berekende trilsnelheid, zie Figuur 3.1, en dienen gedeeld te worden door de veiligheidsfactor voor het type trillingsbron (1.5 bij de metro's en 2.5 bij de bouwwerkzaamheden). Wanneer de berekende trilsnelheid, gecorrigeerd voor de veiligheidsfactor van het type meting, groter is dan de grenswaarde, gecorrigeerd voor het type trillingsbron, is de kans op schade conform de SBR A-richtlijn groter dan 1 procent.

Bij gebouwen die op niet-grondverdringende palen, op kleefpalen of op staal zijn gefundeerd (trillingsgevoelige fundaties), wordt ook de kans op zettingen beschouwd. De grenswaarden uit Figuur 3.1 dienen hierbij niet te worden gecorrigeerd voor de veiligheidsfactor van het type meting.



Figuur 3.1 Grenswaarden uit SBR A-richtlijn

3.1.2 Trillingshinder

De trillingen van trein- en metroverkeer, maar ook van bouwwerkzaamheden en wegverkeer kunnen, afhankelijk van veel parameters, door omwonenden als hinderlijk worden ervaren.

Om trillingshinder in woningen te beoordelen werd tot voor kort vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van deel B van de SBR richtlijn [SBR 2002]. Tot op heden zijn richtlijnen voor het beoordelen van trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2012 een *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (BTS), opgesteld, die een wijziging van en aanvulling op de eerder gebruikte SBR B-richtlijn is [BTS 2012]. In 2014 is een aangevulde versie van de BTS gepubliceerd [BTS 2014]. De BTS vult de SBR B-richtlijn met name aan ten aanzien van het treffen van maatregelen en een doelmatigheidsafweging. Ook wordt de maximale trillingssterkte op een andere wijze bepaald. Verder wordt in de BTS een toename in trillingssterkte van 30 procent geaccepteerd, een dergelijke toename is niet voelbaar voor omwonenden.

In dit onderzoek wordt gebruikt gemaakt van de SBR B-richtlijn, voornamelijk omdat deze richtlijn nog altijd wordt gebruikt voor vrijwel alle bestemmingsplannen, en omdat deze richtlijn handvatten geeft voor het beoordelen van trillingshinder in tijdelijke situaties. Alleen voor het afwegen van eventuele mitigerende wordt gebruik gemaakt van de doelmatigheidsafweging uit de BTS.

De SBR B-richtlijn beschouwt twee grootheden: de trillingssterkte V_{max} , een indicatie van de maximaal optredende trillingssnelheid gedurende een periode van een week, en de trillingsintensiteit V_{per} , een indicatie van het tijdsgemiddelde van de trillingen.

De SBR B-richtlijn maakt onderscheid tussen drie types streefwaarden, zie Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Streefwaarden in de SBR B-richtlijn

Streefwaarde	Omschrijving
A1	Onderste, dimensieloze streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
A2	Bovenste, dimensieloze streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}
A3	Dimensieloze streefwaarde voor de trillingssterkte V_{per}

De hoogte van de streefwaarden is afhankelijk van drie criteria:

1. Type situatie. De SBR B-richtlijn maakt onderscheid tussen drie types situaties:
 - a. Nieuwe situatie. Hierbij is in de huidige situatie nog geen sprake van trillingen door weg- en railverkeer, bijvoorbeeld doordat het gebouw nog niet bestaat of de spoorlijn of weg nog niet is gerealiseerd. Bij het huidige project doet deze situatie zich voor bij nieuwbouwplannen van woningen, en bij de spoorverlenging in Hoek van Holland;
 - b. Bestaande situatie. Deze situatie is bedoeld om de huidige situatie te beoordelen, waarbij er al trillingen zijn ten gevolge van weg- en railverkeer. Deze situatie doet zich niet voor in het huidige project;
 - c. Gewijzigde situatie. Deze situatie is bedoeld om de effecten van een project te beoordelen, waarbij er in de huidige situatie al sprake is van trillingen ten gevolge van weg- en railverkeer. Deze situatie doet zich in dit project voor tussen Schiedam en Hoek van Holland Strand;
2. Periode van de dag. De SBR B-richtlijn maakt onderscheid tussen drie periodes: dag (7:00 tot 19:00), avond (19:00 tot 23:00) en nacht (23:00 tot 7:00). De streefwaarden voor dag en avond zijn gelijk;
3. Gebouwfunctie. Hierbij maakt de SBR B-richtlijn onderscheid tussen de gebouwfuncties *Gezondheidszorg*, *Wonen*, *Kantoor*, *Bijeenkomsten* en *Kritische werkruimte*.

De streefwaarden voor nieuwe situaties zijn weergegeven in Tabel 3.2, en voor bestaande situaties bij weg- en railverkeer in Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Streefwaarden nieuwe situatie volgens SBR B-richtlijn

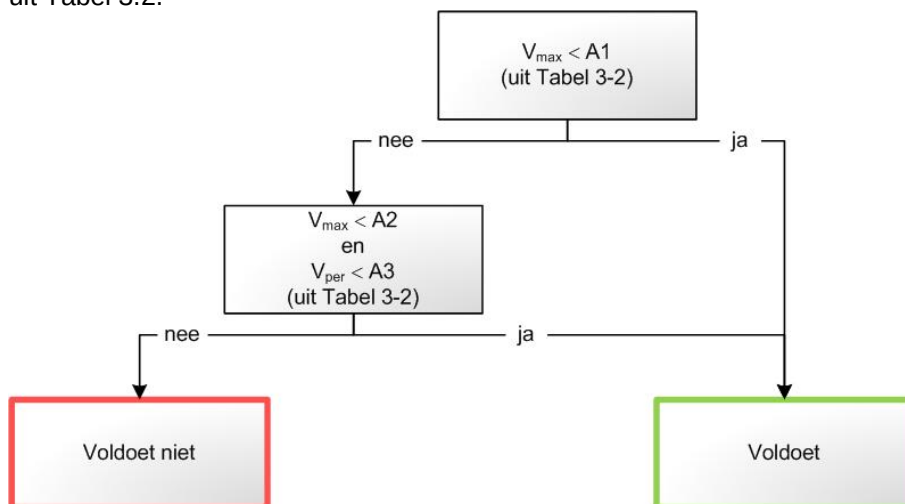
Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1 V_{max}	A2 V_{max}	A3 V_{per}	A1 V_{max}	A2 V_{max}	A3 V_{per}
Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
Onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

Tabel 3.3 Streefwaarden bestaande situatie volgens SBR B-richtlijn

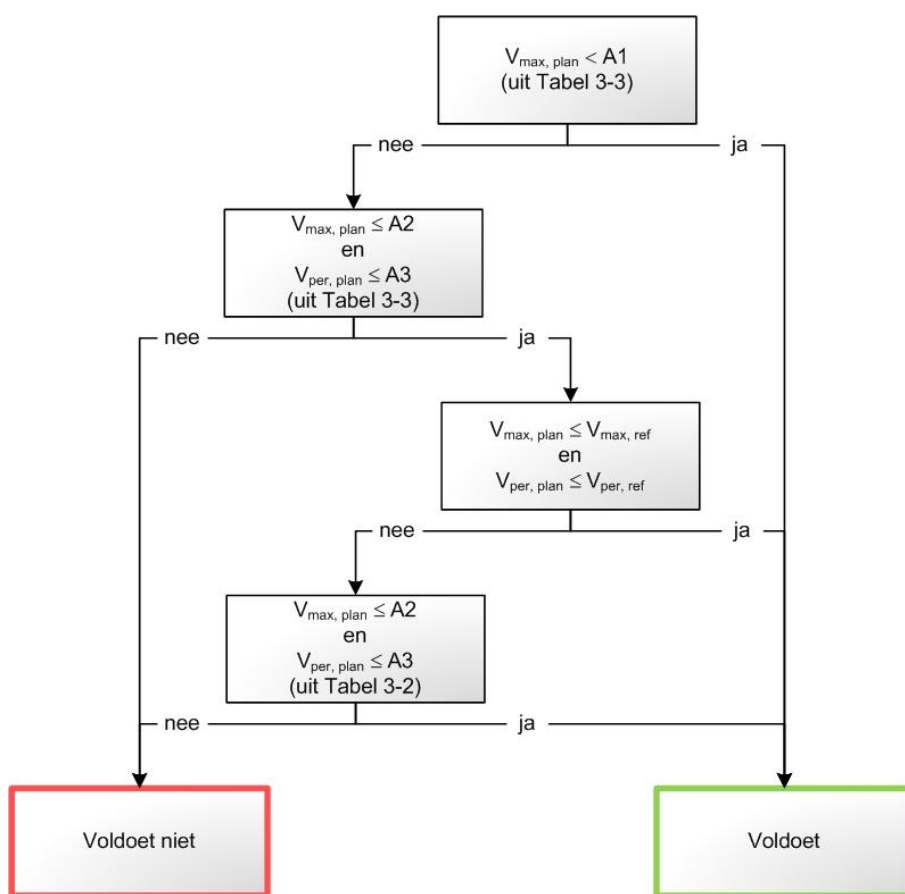
Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1 Vmax	A2 Vmax	A3 Vper	A1 Vmax	A2 Vmax	A3 Vper
Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs en kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-, -	0.1	0.1	-, -

Beoordeling van trillingshinder vindt voor nieuwe situaties plaats conform het schema in Figuur 3.2. Een locatie voldoet aan het beoordelingskader wanneer de trillingssterkte lager is dan A1. Een tweede mogelijkheid om te voldoen is als de trillingssterkte lager is dan A2 en de trillingsintensiteit lager is dan A3.

Een soortgelijke manier van beoordelen is van toepassing op het wijzigen van bestaande situatie, zie Figuur 3.3, alleen geldt hier aanvullend dat de trillingssterkte en trillingsintensiteit niet mogen toenemen ten gevolge van het project wanneer deze hoger zijn dan de A2- respectievelijk A3-waarde uit Tabel 3.2.



Figuur 3.2 Beoordelingsschema nieuwe situaties



Figuur 3.3 Beoordelingsschema wijzigen van bestaande situaties

Voor trillingshinder tijdens de bouwphase, waarbij het gaat om tijdelijke trillingen met een duur van maximaal 3 maanden (78 dagen), kunnen tijdelijk hogere waarden worden toegestaan dan de streefwaarden uit Tabel 3.3, omdat het gaat om trillingen met een beperkte tijdsduur, zie ook par. 10.5.4 uit de SBR B-richtlijn. Wanneer de tijdsduur van de werkzaamheden langer is dan 3 maanden, gelden de streefwaarden uit Tabel 3.3. De afwijkende streefwaarden gelden ook alleen voor de dagperiode (van 7:00 tot 19:00), voor de avond- en nachtperiode gelden de streefwaarden uit Tabel 3.3. De streefwaarden voor de dagperiode zijn weergegeven in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Streefwaarden voor de dagperiode voor tijdelijke trillingen

	Gezondheidszorg en wonen			Kantoor en bijeenkomsten		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Duur (dagen)	V _{max}	V _{max}	V _{per}	V _{max}	V _{max}	V _{per}
1	0.8	6	0.4	0.8	6	0.4
2	0.72	6	0.38	0.72	6	0.38
3	0.64	6	0.36	0.64	6	0.36
4	0.56	6	0.34	0.56	6	0.34
5	0.48	6	0.32	0.48	6	0.32
6 tot 26	0.4	6	0.3	0.4	6	0.3
27 tot 78	0.3	6	0.2	0.3	6	0.2
meer dan 78	0.2	0.8	0.1	0.3	1.2	0.15

Om een indicatie te geven van de mate van hinder in relatie tot de trillingssterkte (de zogenaamde dosis-effectrelatie), kan gebruik worden gemaakt van Tabel 3.5, zie ook [Asmussen 2011], [Woodcock 2012], [Klaeboe 2003-1], [Klaeboe 2013-2], [Steinhauser 2010] en [Zapfe 2009]. Bij een trillingssterkte van 0.4 ervaart ongeveer een derde van de omwonenden de trillingen als hinderlijk.

Tabel 3.5 Dosis-effectrelatie voor trillingshinder

Trillingssterkte Vmax	Percentage gehinderden
0.1	15%
0.2	24%
0.3	30%
0.4	35%

3.1.3 Hinder t.g.v. laagfrequent geluid

Voor laagfrequent geluid bestaat in Nederland geen uniforme beoordelingsrichtlijn. Er zijn verschillende methodes in omloop om de hinder ten gevolge van laagfrequent geluid te beoordelen, zoals de NSG-methode en de methode De Ruiter, die in Rotterdam ook in het verleden veelvuldig is toegepast. Deze laatste methode wordt daarom ook in dit onderzoek toegepast. In de methode De Ruiter, toegepast bij de realisatie van alle metrolijnen in Rotterdam, wordt een grenswaarde gehanteerd voor laagfrequent geluid van 35 dB(A), dit betreft het zogeheten piekpassageniveau, het maximaal optredende passageniveau. Overigens kunnen geluidniveaus tussen de 25 en 35 dB(A) ook hoorbaar zijn.

Het 'tijdsgemiddelde' geluidniveau, het zogeheten equivalente geluidniveau, is niet meegenomen als beoordelingskader omdat dit niet maatgevend is. In dit onderzoek worden de volgende grenswaarden voor het equivalent geluidniveau gehanteerd: 35 dB(A) voor de dagperiode, 25 dB(A) voor de avondperiode en 20 dB(A) voor de nachtperiode. Bij deze grenswaarden kan het aantal voertuigen per uur per richting aanzienlijk hoger zijn dan het maximale geplande aantal voertuigen, ook op drukke stranddagen in Hoek van Holland, om een overschrijding van de genoemde plafondwaarden te realiseren bij een piekpassageniveau van 35 dB(A). Het piekniveau is daarmee maatgevend en het enige beoordelingskader in dit onderzoek.

Om de hinder t.g.v. laagfrequent geluid in de woningen te bepalen, is het totale, energetisch gesommeerde en A-gewogen geluiddrukkniveau voor het frequentiebereik van 10 tot 250 Hz bepaald en beoordeeld op de grenswaarde van 35 dB(A) uit de methode De Ruiter. Voor laagfrequent geluid is geen dosis-effectrelatie bekend.

3.2 Beoordelingskader

Het beoordelingskader voor trillingshinder en hinder ten gevolge van laagfrequent geluid is gebaseerd op de voorgaande paragrafen. In het onderzoek naar de effecten van het project worden alleen de definitieve effecten, dus de effecten tijdens exploitatie, beschouwd. De tijdelijke effecten, tijdens de bouwfase, vormen geen beoordelingscriterium voor de verschillende alternatieven en varianten, maar worden bij de beschrijving van de effecten wel genoemd.

Voor trillingshinder worden twee indicatoren gebruikt:

1. Indicator a, het aantal mogelijke overschrijdingen van de streefwaarde A1 voor de trillingssterkte. Voor nieuwe situaties, zoals nieuwbouwlocaties en het te verlengen deel van de Hoekse Lijn voorbij het huidige station Hoek van Holland Strand bedraagt de A1-waarde

0.1. Bij deze waarde worden de trillingen door ongeveer 15 procent van de omwonenden als hinderlijk ervaren ([Klaeboe 2003-1 en 2003-2]). Voor alle overige gebouwen bedraagt de A1-waarde 0.2, bij deze waarde worden de trillingen door ongeveer 25 procent van de omwonenden als hinderlijk ervaren. Gezien deze beperkte percentages, wordt in dit onderzoek over *een kans op trillingshinder* gesproken.

Conform de SBR B-richtlijn behoeft, wanneer de trillingssterkte V_{max} voldoet aan deze onderste streefwaarde, geen uitspraak te worden gedaan over de trillingsintensiteit V_{per} . Een groter aantal metro's heeft dus geen invloed op deze indicator, omdat het aantal metro's nauwelijks tot geen invloed heeft op de trillingssterkte. De trillingssterkte wordt immers bepaald door de trein of metro met de hoogste trillingssterkte die in een week passeert;

2. Indicator b, het aantal mogelijke overschrijdingen van zowel de A1- als de A2- of A3-streefwaarde uit de SBR B-richtlijn. Deze extra indicator is gekozen om aan te sluiten bij de bestemmingsplannen en omgevingsvergunningen die worden opgesteld in het kader van de ombouw van de Hoekse Lijn. Bij deze bestemmingsplannen wordt ook op de SBR B-richtlijn beoordeeld. In tegenstelling tot indicator a wordt bij indicator b het aantal voertuigen wel meegenomen. Deze indicator kent een lager aantal mogelijk gehinderden dan indicator a door de andere wijze van beoordeling. Een mogelijk gehinderde wordt bij deze indicator gedefinieerd als een overschrijding van de A1-waarde, waarbij daarnaast ook de A2- of de A3-waarde uit de SBR B-richtlijn wordt overschreden. Trillingssterktes van meer dan 0.4 in de nacht (waarbij 35 procent van de omwonenden de trillingssterkte als hinderlijk ervaart) en 0.8 overdag (waarbij 50 procent van de omwonenden de trillingssterkte als hinderlijk ervaart) zijn niet toegestaan binnen het beoordelingskader van de SBR B-richtlijn;

Voor hinder ten gevolge van laagfrequent geluid wordt een indicator gebruikt, namelijk het aantal mogelijke overschrijdingen van de 35 dB(A)-grenswaarde uit de methode van De Ruiter. Deze indicator wordt in het vervolg van het onderzoek indicator c genoemd. Overigens zijn geluidniveaus van 25 tot 35 dB(A) doorgaans ook al hoorbaar.

In dit onderzoek wordt gerekend met een gemiddelde van 2,3 personen per woning. Resultaat van de onderzoeken is dan ook een totaal aantal mogelijk gehinderde personen, conform de verschillende indicatoren, per gemeente langs de Hoekse Lijn. De indicatoren zijn weergegeven in *Tabel 3.6*.

Tabel 3.6 Beoordelingskader effecten thema trillingen en laagfrequent geluid

Criterium	Indicator	Waardering t.o.v. Referentiesituatie	
Trillingshinder	Aantal overschrijdingen A1-waarde	++	Meer dan 30% afname in mogelijk trillingsgehinderden
		+	5 tot 30% afname in mogelijk trillingsgehinderden
		0	geen verandering in mogelijk trillingsgehinderden
		-	5 tot 30% toename in mogelijk trillingsgehinderden
		--	Meer dan 30% toename in mogelijk trillingsgehinderden
	Aantal overschrijdingen A1- en A2- of A3-waarde	++	Meer dan 30% afname in mogelijk trillingsgehinderden
		+	5 tot 30% afname in mogelijk trillingsgehinderden
		0	geen verandering in mogelijk trillingsgehinderden
		-	5 tot 30% toename in mogelijk trillingsgehinderden
		--	Meer dan 30% toename in mogelijk trillingsgehinderden
Laagfrequent geluidhinder	LA_{max} -niveau	++	Meer dan 30% afname in mogelijk laagfrequent geluidgehinderden
		+	5 tot 30% afname in mogelijk laagfrequent geluidgehinderden
		0	geen verandering in mogelijk laagfrequent geluidgehinderden
		-	5 tot 30% toename in mogelijk laagfrequent geluidgehinderden
		--	Meer dan 30% toename in mogelijk laagfrequent geluidgehinderden

Voor locaties waar een significante toename in mogelijk gehinderden wordt verwacht, worden maatregelen afgewogen.

4 Referentiesituatie

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de Referentiesituatie. Dit is de situatie die ontstaat in het planjaar 2025, wanneer het spoor in exploitatie blijft bij de *Nederlandse Spoorwegen*. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie zijn:

1. Toename van het aantal reizigers- en goederentreinen, zie paragraaf 2.3.1.7;
2. Realisatie van een aantal bestemmingsplannen, zie paragraaf 2.3.3.

Dit is een autonome ontwikkeling, ingegeven door externe beslissingen, buiten het project om.

Om de effecten van het project vast te stellen, wordt ook de Referentiesituatie in kaart gebracht. Door de diverse alternatieven en projectvarianten te vergelijken met deze Referentiesituatie kan het zuivere projecteffect in kaart worden gebracht.

4.1 Trillingshinder

In de huidige en Referentiesituatie kenmerkt het studiegebied zich door vrij intensief reizigersverkeer en incidenteel goederenverkeer. Door de slappe bodem in Schiedam, Vlaardingen en Maassluis zijn er nu vrijwel geen woningen waarin de trillingssterkte boven de streefwaarde A1 uit de SBR B-richtlijn uitkomt. Waar dat wel gebeurt, is dat vaak een combinatie van een ligging dichtbij het spoor (korter dan 20 meter afstand), al dan niet in combinatie met wissels. Wissels zorgen namelijk voor een toename in trillingssterkte, vooral op korte afstanden (minder dan 50 meter) tot het wissel. Ook in Hoek van Holland is het aantal woningen waarin de trillingssterkte boven de streefwaarde A1 ligt, beperkt in de huidige situatie.

Ten opzichte van de huidige situatie neemt in de Referentiesituatie het aantal mogelijk gehinderden sterk toe. Dit komt met name door de realisatie van enkele nieuwbouwprojecten, waarvoor de streefwaarden in de SBR B-richtlijn, maar ook de A1-waarde, lager is dan voor bestaande bouw in de omgeving van spoorprojecten. De streefwaarde wordt daardoor sneller overschreden. Vooral het nieuwbouwproject *Vlaardingen Centrum* kent een groot aantal mogelijk gehinderden, doordat deze bebouwing dicht op het spoor is geprojecteerd. In het bestemmingsplan noch in het Bouwbesluit zijn regels opgenomen om de trillingshinder in deze woningen te beperken. Feitelijk is het daarmee een ongeregelde situatie. Wanneer tijdens het definitief ontwerp en de bouw van dit plan echter rekening wordt gehouden met mogelijke trillingshinder, zal de werkelijke hinder na realisatie zeer beperkt of zelfs afwezig zijn. Het aantal mogelijk trillingsgehinderde personen in de Referentiesituatie is weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aantal mogelijk trillingsgehinderden Referentiesituatie

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde	Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde
Schiedam	177	12
Vlaardingen	1688	1431
Maassluis	12	9
Hoek van Holland	51	44
Totaal	1928	1496

De maximale trillingssterkte in woningen in Schiedam en Vlaardingen bedraagt ongeveer 0.3, en in Maassluis en Hoek van Holland ongeveer 0.5.

4.2 Laagfrequent geluid

Ten aanzien van laagfrequent geluid geldt dat de slappe bodem in Schiedam, Vlaardingen en Maassluis ervoor zorgt dat de kans op hinder ten gevolge van laagfrequent geluid nihil is. In Hoek van Holland, met name het gedeelte voorbij station Hoek van Holland Haven, is de bodem echter aanzienlijk draagkrachtiger en opgebouwd uit zand. In de Referentiesituatie is alleen bij woningen dichtbij het spoor een kans op hinder ten gevolge van laagfrequent geluid.

Tabel 4.2 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden Referentiesituatie

Deeltraject	Aantal overschrijdingen 35 dB(A)-waarde
Schiedam	0
Vlaardingen	0
Maassluis	0
Hoek van Holland	2
Totaal	2

Het maximale laagfrequent geluidniveau in woningen in Schiedam bedraagt ongeveer 20 dB(A), in Vlaardingen ongeveer 12 dB(A), in Maassluis ongeveer 22 dB(A) en in Hoek van Holland ongeveer 35 dB(A).

4.3 Aandeel H6-weg

In de Referentiesituatie is de H6-weg (nieuwe verbindingsweg richting strand en aanleg Stena Line) gerealiseerd. Deze nieuwe weg loopt parallel aan het spoor tussen de Haakweg en de Strandweg in Hoek van Holland. Door de ligging dichtbij het spoor kan cumulatie optreden tussen de trillingen van zwaar vrachtverkeer en treinverkeer. Door het geringe aantal treinen per uur zal cumulatie in de praktijk zelden optreden, bovendien ligt de meeste bebouwing dusdanig ver van zowel het spoor als de weg vandaan, dat de trillingssterktes ook gecumuleerd onder de streefwaarde uit de SBR B-richtlijn vallen. Alleen bij de woningen op de kop van het Rospad in Hoek van Holland kan de hinder toenemen ten gevolge van de aanleg van de H6-weg.

5 Alternatief ombouw

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de situatie na ombouw van de Hoekse Lijn. Deze situatie ontstaat in het planjaar 2025, het spoor is dan in exploitatie bij de RET. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de Referentiesituatie zijn:

1. Metrovoertuigen in plaats van reizigerstreinen, zie paragraaf 2.3.1.1;
2. Toename van het aantal metro's ten opzichte van het aantal treinen in de Referentiesituatie, zie paragraaf 2.3.1.7;
3. Wijziging van de voertuigsnelheden. Metro's hebben andere optrek-, rem- en maximale snelheidskarakteristieken dan het huidige reizigersmaterieel van de *Nederlandse Spoorwegen*. Goederentreinen zullen maximaal 40 km/h rijden in deze situatie en gebruik maken van het zuidelijke spoor, zie ook paragraaf 2.3.1.5;
4. Ombouw van het spoor en de stations, om deze geschikt te maken voor gebruik door Metrovoertuigen. Belangrijke wijzigingen vinden plaats bij Schiedam, hier wordt een aansluiting gerealiseerd op het bestaande metronetwerk van Rotterdam. Bij de stations Vlaardingen West en het nieuwe station Maassluis Steendijkpolder wordt een extra spoor gerealiseerd ten behoeve van het keren van metrovoertuigen. In Hoek van Holland, tussen de Haakweg en station Hoek van Holland Haven wordt het spooreplacement volledig vernieuwd. Het huidige spoor wordt hier vervangen door een embedded rail constructie.

In deze situatie wordt het spoor tussen Hoek van Holland Haven en Hoek van Holland Strand niet gewijzigd.

Om de effecten van dit alternatief vast te stellen, wordt de situatie na realisatie vergeleken met de Referentiesituatie.

5.1 Trillingshinder

Na realisatie van het alternatief Ombouw neemt in alle deeltrajecten het aantal personen met een kans op trillingshinder af, uitgezonderd in het deeltraject Hoek van Holland, zie Tabel 5.1. In Schiedam komt dit met name door de lagere snelheid van de goederentreinen, bovendien wordt een aantal wissels verplaatst naar locaties verder van de bebouwing vandaan. In Vlaardingen wordt de afname vooral veroorzaakt door de lagere snelheid van de goederentreinen. In Maassluis is de afname in aantal mogelijk gehinderden beperkt. Hier rijdt geen goederenverkeer op het spoor, en wordt de afname veroorzaakt door de gunstiger trillingskarakteristieken van de metrovoertuigen, zie ook Bijlage 3. Alleen in Hoek van Holland is een toename in aantal mogelijk gehinderden te zien, dit komt met name doordat na de ombouw ook gebruik wordt gemaakt van non-stopritten, deze passeren met een hogere snelheid langs station Hoek van Holland Haven. Hierdoor neemt de trillingssterkte rond dit station toe, en daarmee de kans op hinder. Samengevat leidt de ombouw van de Hoekse Lijn vrijwel overal tot een forse reductie in het aantal personen dat mogelijk trillingshinder ervaart van het trein- respectievelijk metroverkeer.

Het aantal personen met een kans op hinder en de verandering in aantal mogelijk gehinderden ten opzichte van de Referentiesituatie is weergegeven in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Aantal mogelijk trillingsgehinderden alternatief Ombouw

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.	Aantal	Verschil met ref. sit.
Schiedam	0	-177	0	-12
Vlaardingen	1348	-340	970	-461
Maassluis	7	-5	5	-4
Hoek van Holland	58	+7	55	+11
Totaal	1413	-515	1030	-466

De maximale trillingssterkte in woningen in Schiedam en Vlaardingen neemt af ten opzichte van de Referentiesituatie van ongeveer 0.3 naar 0.2, in Maassluis van ongeveer 0.5 naar 0.4 en in Hoek van Holland blijft de trillingssterkte ongeveer gelijk op maximaal 0.5. Per woning kunnen wel grotere toe- of afnames in trillingssterkte optreden.

5.2 Laagfrequent geluidhinder

Na realisatie van de ombouw van de Hoekse Lijn zijn er geen mogelijk laagfrequent geluidgehinderden langs de deeltrajecten Schiedam, Vlaardingen en Maassluis. In Hoek van Holland neemt het aantal personen dat mogelijk hinder ten gevolge van laagfrequent geluid ervaart, toe, zie Tabel 5.2. De woningen waar na ombouw van de Hoekse Lijn hinder ten gevolge van laagfrequent geluid mogelijk is, bevinden zich aan de Stationsweg in Hoek van Holland. De toename komt met name doordat de nieuwe metrovoertuigen minder gunstig zijn ten aanzien van laagfrequent geluid dan de NS-sprinters in de Referentiesituatie, en door de hogere snelheid bij non-stopritten ter plaatse van de stations.

Tabel 5.2 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden alternatief Ombouw

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0
Maassluis	0	0
Hoek van Holland	14	+12
Totaal	14	+12

Het maximale laagfrequent geluidniveau in woningen in Schiedam blijft nagenoeg gelijk (afname van 20 dB(A) naar 19 dB(A)), in Vlaardingen is een beperkte toename van 12 dB(A) naar 13 dB(A) zichtbaar, in Maassluis en Hoek van Holland blijft het maximale laagfrequent geluidniveau gelijk en in Hoek van Holland neemt het laagfrequent geluidniveau toe van 35 dB(A) naar 41 dB(A). Per woning kunnen wel grotere toe- of afnames in laagfrequent geluidniveau optreden.

5.3 Variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven

Bij de variant *Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven* voegt het goederenverkeer richting Vlaardingen Vulcaanhaven eerder uit.

Hierdoor neemt het goederenverkeer tussen Vlaardingen Vulcaanhaven en Vlaardingen Centrum af ten opzichte van de situatie na ombouw van de Hoekse Lijn. Ten behoeve van dit nieuwe goederenkeerspoor worden de wissels tussen de huidige intakking en de nieuwe intakking verplaatst.

5.3.1 Trillingshinder

Omdat de wijzigingen bij deze variant zich voornamelijk afspelen in de omgeving van bebouwing met bestemming *industrie*, leidt deze variant niet tot een toe- of afname in aantal mogelijk gehinderden. De afname in aantal goederentreinen tussen Vlaardingen Vulcaanhaven en Vlaardingen Centrum heeft ook geen invloed op het aantal mogelijk gehinderden in dit gebied, doordat er op geen enkele locatie in dit gebied sprake is van een overschrijding van de streefwaarde voor de trillingsintensiteit. De trillingsintensiteit V_{per} is zowel in de situatie met als zonder aanpassing van het goederenspoor in alle woningen lager dan de streefwaarde A3. Het aantal personen dat mogelijk trillingshinder ervaart, en de afname in aantal mogelijk trillingsgehinderden ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging is weergegeven in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Aantal mogelijk trillingsgehinderden variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0	0	0
Vlaardingen	1348	0	970	0
Maassluis	7	0	5	0
Hoek van Holland	58	0	55	0
Totaal	1413	0	1030	0

5.3.2 Laagfrequent geluidhinder

Ook het aantal personen dat mogelijk hinder ten gevolge van laagfrequent geluid ervaart, blijft bij deze variant gelijk, zie Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden variant Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0
Maassluis	0	0
Hoek van Holland	14	0
Totaal	14	0

5.4 Tijdelijke effecten

Ten behoeve van de ombouw van de Hoekse Lijn worden bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden kan trillingshinder en soms ook trillingsschade niet worden uitgesloten bij gebouwen in de omgeving. Voorbeelden van werkzaamheden die mogelijk tot hinder en schade kunnen leiden zijn het heien van palen (ten behoeve van de stations of technische ruimtes), het intrillen van damwanden (ten behoeve van stations, viaducten of tunnels) en verplaatsingen van vrachtverkeer, bijvoorbeeld voor het aanbrengen van de voorbelasting bij het goederenopstelspoor Schiedam, bij station Vlaardingen West en bij station Vlaardingen Oost. Het vervangende vervoer tijdens de ombouw van de Hoekse Lijn wordt buiten beschouwing gelaten, dergelijke voertuigbewegingen leiden doorgaans niet tot schade of een toename in trillingshinder in de omgeving.

Het aantal mogelijk gehinderde personen is per deeltraject bepaald, zie Tabel 5.5. Omdat de exacte lengte van de werkzaamheden nog niet bekend is, wordt het aantal gehinderden bepaald in de situatie dat de werkzaamheden 1 dag, 1 week en 1 maand duren. Het aantal gehinderden wijzigt doordat de streef- en grenswaarden voor trillingshinder strenger worden naarmate de hinder langer aanhoudt.

Tabel 5.5 Aantal mogelijk trillingsgehinderden bij 1 dag, 1 week en 1 maand werkzaamheden⁵

Deeltraject	1 dag	1 week	1 maand
Schiedam	3348	3645	4622
Vlaardingen	1017	1184	1440
Maassluis	483	483	522
Hoek van Holland	2	12	145
Totaal	4850	5324	6729

In het algemeen geldt dat het intrillen van damwanden tot meer trillingshinder leidt dan het heien van palen. Intrillen van damwanden vindt onder meer plaats bij de aansluiting van het metrospoor bij Schiedam, bij station Schiedam Nieuwland en bij station Vlaardingen West. Het grootste aantal gehinderden bevindt zich dan ook langs de deeltrajecten Schiedam en Vlaardingen. Bij Schiedam is met name het Vlietland Ziekenhuis een aandachtspunt.

Uit de schadeberekeningen blijkt dat schade niet kan worden uitgesloten op de volgende locaties:

1. Station Hoek van Holland Haven. Bij het heien van de palen ten behoeve van het nieuwe perron kan schade optreden bij een woning aan de Stationsweg;
2. Station Maassluis Steendijkpolder. Bij het heien van de palen ten behoeve van het nieuwe station kan schade niet worden uitgesloten aan de parkeergarage van het appartementencomplex aan de Merellaan, tegen het nieuwe station;
3. Station Maassluis West. Bij het heien van de palen ten behoeve van het nieuwe station kan schade niet worden uitgesloten aan een appartementencomplex aan de Merellaan;

⁵ Het alternatief Ombouw omvat niet het plaatsen van damwanden bij station Vlaardingen West. In het rekenmodel dat is gebruikt voor het bepalen van de effecten op trillingen is op die locatie wel verondersteld dat damwanden worden geplaatst. Het plaatsen van damwanden leidt tot trillingen. Het rekenmodel gaat dus uit van een worstcase-situatie, het aantal personen met kans op hinder vermeld in tabel 11.8 zal in werkelijkheid lager liggen.

4. Station Maassluis. Bij het heien van de palen ten behoeve van de nieuwe perrons kan schade optreden aan enkele garageboxen aan de Stationsweg en aan het stationsgebouw.
5. Station Vlaardingen Oost. Bij het heien van de palen voor de nieuwe perrons is schade mogelijk aan het stationsgebouw en twee kantoorpanden aan het Burgemeester Van Lierplein;
6. Station Schiedam Nieuwland. Bij het intrillen van damwanden bij het nieuwe station kan mogelijk schade optreden aan het bestaande stationsgebouw;
7. Viaduct Schiedam. Hier kan schade optreden aan enkele technische ruimtes onder het nieuwe spoor, en aan een appartementencomplex aan de Louis Raemaekersstraat ten gevolge van het heien van palen ten behoeve van het viaduct.

Aandachtspunten om hinder en schade in de tijdelijke situatie te beperken of voorkomen zijn:

1. Informeer omwonenden in een vroeg stadium over de aard en duur van de werkzaamheden;
2. Maak, indien mogelijk, gebruik van trillingsarme bouwmethodes, zeker wanneer de bouwwerkzaamheden in de buurt van bebouwing worden uitgevoerd, om zowel schade als hinder te voorkomen of te beperken;
3. Wanneer trillingsarme bouwmethodes niet toepasbaar zijn, voer dan vooropnames uit in gebouwen waar schade niet kan worden uitgesloten, en monitor de trillingen gedurende de werkzaamheden, zodat de werkzaamheden kunnen worden stilgelegd wanneer grenswaarden uit de SBR A-richtlijn worden overschreden. Na afloop van de werkzaamheden kan met behulp van een na-inspectie en het beschouwen van de meetdata al dan niet een relatie worden gelegd tussen de gemeten trillingen en de al dan niet voorkomende bouwschade.

6 Alternatief Ombouw + Verlenging

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de situatie na ombouw en verlenging van de Hoekse Lijn, het alternatief Ombouw + Verlenging. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van het alternatief Ombouw zijn:

1. Vernieuwen van het spoor tussen Hoek van Holland Haven en het huidige Hoek van Holland Strand, inclusief verwijderen tweesporigheid;
2. Verschuiving van station Hoek van Holland Strand richting zee, inclusief de realisatie van een gesloten bak door het Vinetaduin;

Om de effecten van dit alternatief vast te stellen, wordt de situatie na realisatie vergeleken met de Referentiesituatie. De effecten van dit alternatief tussen Hoek van Holland Haven en Schiedam zijn identiek aan de effecten van het alternatief Ombouw.

6.1 Trillingshinder

Voor de deeltrajecten Schiedam, Vlaardingen en Maassluis is het aantal mogelijk gehinderden in het alternatief Ombouw + Verlenging identiek aan het aantal mogelijk gehinderden in het alternatief Ombouw. In Hoek van Holland neemt het aantal mogelijk gehinderde personen toe ten opzichte van de Referentiesituatie en het alternatief Ombouw.

Het aantal personen dat mogelijk trillingshinder ervaart, en de verandering in aantal mogelijk trillingsgehinderden ten opzichte van de Referentiesituatie is weergegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Aantal mogelijk trillingsgehinderden alternatief Ombouw + Verlenging

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.	Aantal	Verschil met ref. sit.
Schiedam	0	-177	0	-12
Vlaardingen	1348	-340	970	-461
Maassluis	7	-5	5	-4
Hoek van Holland	143	+92	136	+92
Totaal	1498	-430	1111	-385

In Hoek van Holland kan een opsplitsing worden gemaakt tussen het deeltraject waar in de huidige en Referentiesituatie al spoor ligt, en waar dat nog niet ligt. Dan ontstaat het beeld van trillingshinder zoals in Tabel 6.2. De toename in aantal mogelijk trillingsgehinderden in Hoek van Holland speelt zich vooral af in het gedeelte langs het te verlengen deel, en minder langs het bestaande spoor.

Tabel 6.2 Aantal mogelijk trillingsgehinderden alternatief Ombouw + Verlenging, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.	Aantal	Verschil met ref. sit.
Hoek van Holland - bestaand	58	+14	55	+11
Hoek van Holland - nieuw	85	+78	81	+81

De maximale trillingssterkte wijzigt niet ten opzichte van het alternatief Ombouw. Per woning kunnen wel toe- of afnames in trillingssterkte optreden.

6.2 Laagfrequent geluidhinder

Na realisatie van het te verlengen deel van de Hoekse Lijn zijn er geen mogelijk laagfrequent geluidgehinderden langs de deeltrajecten Schiedam, Vlaardingen en Maassluis. Langs het deeltraject Hoek van Holland neemt het aantal personen met een kans op laagfrequent geluidhinder toe, zie Tabel 6.3. Door de ombouw naar embedded rail vanaf station Hoek van Holland Haven neemt het aantal personen toe dat hinder ten gevolge van laagfrequent geluid kan ervaren, met name aan de Stationsweg in Hoek van Holland. Ook bij de appartementen aan de Strandweg is er een kans op hinder ten gevolge van laagfrequent geluid.

Tabel 6.3 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden alternatief Ombouw + Verlenging

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0
Maassluis	0	0
Hoek van Holland	292	+290
Totaal	292	+290

Ook voor laagfrequent geluid is een opsplitsing gemaakt in Hoek van Holland, zie Tabel 6.4. De grootste toename in aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden vindt plaats langs het gedeelte van de spoorlijn dat verlengd wordt, maar ook langs de bestaande spoorlijn in Hoek van Holland neemt het aantal personen dat mogelijk hinder ten gevolge van laagfrequent geluid ervaart, toe. Dit komt door de hogere rijsnelheid van de voertuigen, de ongunstigere laagfrequent geluideigenschappen van de metrovoertuigen en de wijziging in spoorconstructie.

Tabel 6.4 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden alternatief Ombouw + Verlenging, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met ref. sit.
Hoek van Holland - bestaand	39	+37

Hoek van Holland - nieuw	253	+253
--------------------------	-----	------

Het maximale laagfrequent geluidniveau in Hoek van Holland neemt toe ten opzichte van het alternatief Ombouw van 41 dB(A) naar 47 dB(A).

6.3 Variant Open bak in Vinetaduin

Bij de variant Open bak in Vinetaduin wordt het spoor dichterbij de appartementencomplexen aan de Strandweg gerealiseerd, zodat het Natura2000-gebied in het Vinetaduin meer wordt ontzien.

Doordat deze variant dichterbij de bebouwing wordt gerealiseerd, neemt de trillingssterkte en het laagfrequent geluidniveau in de woningen aan de Strandweg toe ten opzichte van het beschouwde alternatief Ombouw + Verlenging.

6.3.1 Trillingshinder

Het aantal mogelijk trillingsgehinderten en de toename in aantal mogelijk gehinderden ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging is weergegeven in *Tabel 6.5*.

Tabel 6.5 Aantal mogelijk trillingsgehinderten variant Open bak in Vinetaduin

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0	0	0
Vlaardingen	1348	0	970	0
Maassluis	7	0	5	0
Hoek van Holland	331	+188	324	+188
Totaal	1686	+188	1299	+188

Bij splitsing van het deeltraject Hoek van Holland ontstaat het beeld zoals in Tabel 6.6. In deze tabel is zichtbaar dat de variant Open bak in Vinetaduin met name tot een toename in aantal mogelijk gehinderden leidt langs het nieuwe tracé, bij de Strandweg.

Tabel 6.6 Aantal mogelijk trillingsgehinderten variant Open bak in Vinetaduin, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.	Aantal	Verschil met altern.
Hoek van Holland - bestaand	58	0	55	0
Hoek van Holland - nieuw	273	+188	269	+188

De maximale trillingssterkte wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging. Per woning kunnen wel toe- of afnames in trillingssterkte optreden. Zo is de trillingssterkte ter hoogte van de Strandweg hoger dan bij het alternatief Ombouw + Verlenging.

6.3.2 Laagfrequent geluidhinder

Het aantal personen dat laagfrequent geluid als hinderlijk kan ervaren, verandert bij deze variant niet ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging, zie Tabel 6.7.

Tabel 6.7 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden variant Open bak in Vinetaduïn

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0
Maassluis	0	0
Hoek van Holland	292	0
Totaal	292	0

Uit de opsplitsing in Hoek van Holland, zie Tabel 6.8, blijkt dat zowel langs het bestaande als het nieuwe tracé geen toename in aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden wordt verwacht. De ligging dichterbij de appartementen aan de Strandweg heeft geen effect op het aantal mogelijk gehinderden, omdat alle appartementen al bij het alternatief Ombouw + Verlenging als mogelijk gehinderd worden aangemerkt.

Tabel 6.8 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden variant Open bak in Vinetaduïn, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.
Hoek van Holland - bestaand	39	0
Hoek van Holland - nieuw	253	0

Het maximale laagfrequent geluidniveau wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging. Per woning kunnen wel toe- of afnames optreden. Zo is het laagfrequent geluidniveau ter hoogte van de Strandweg hoger dan bij het alternatief Ombouw + Verlenging, doordat het spoor dichterbij de woningen ligt.

6.4 Variant Verdiepte kruising Strandweg

Een andere variant die is onderzocht is het realiseren van een verdiepte kruising bij de Strandweg. Bij deze variant gaat het spoor eerder een gesloten bak in, kruist onder de Strandweg door en sluit vervolgens aan op de gesloten bak onder het Vinetaduïn.

6.4.1 Trillingshinder

Het aantal mogelijk trillingsgehinderden neemt af ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging, voornamelijk doordat de open bak en tunnel bij de Strandweg voor een reductie in laagfrequente trillingen zorgt. Het aantal mogelijk trillingsgehinderden en de afname in aantal mogelijk gehinderden ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging is weergegeven in Tabel 6.9.

Tabel 6.9 Aantal mogelijk trillingsgehinderten alternatief variant Verdiepte kruising Strandweg

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0	0	0
Vlaardingen	1348	0	970	0
Maassluis	7	0	5	0
Hoek van Holland	131	-12	127	-9
Totaal	1486	-12	1102	-9

Bij splitsing van het deeltraject Hoek van Holland ontstaat het beeld zoals in Tabel 6.10. De realisatie van de verdiepte kruising van de Strandweg leidt tot een afname in mogelijk gehinderden rond de verdiepte kruising.

Tabel 6.10 Aantal mogelijk trillingsgehinderten variant Verdiepte kruising Strandweg, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.	Aantal	Verschil met altern.
Hoek van Holland - bestaand	58	0	55	0
Hoek van Holland - nieuw	73	-12	71	-10

De maximale trillingssterkte wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging. Rond de spoorwegovergang bij de Strandweg neemt de trillingssterkte wel af.

6.4.2 Laagfrequent geluidhinder

In tegenstelling tot het aantal mogelijk trillingsgehinderten, neemt het aantal personen dat hinder ten gevolge van laagfrequent geluid kan ervaren, wel toe bij deze variant ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging, zie Tabel 6.11. Dit komt met name doordat een betonnen bak en tunnel een grotere bijdrage leveren aan laagfrequent geluid dan een spoor op een embedded rail constructie.

Tabel 6.11 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderten variant Verdiepte kruising Strandweg

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Verschil met altern.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0
Maassluis	0	0
Hoek van Holland	304	+12
Totaal	304	+12

De opsplitsing in Hoek van Holland is weergegeven in Tabel 6.12.

Tabel 6.12 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden variant Verdiepte kruising Strandweg, Hoek van Holland

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Vershil met altern.
Hoek van Holland - bestaand	39	0
Hoek van Holland - nieuw	265	+12

Het maximale laagfrequent geluidniveau wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging. Bij de spoorwegovergang bij de Strandweg neemt het laagfrequent geluidniveau wel toe door het realiseren van de Verdiepte kruising Strandweg.

6.5 Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West

De derde onderzochte variant is het verlengen van het spoor met ongeveer 180 meter richting het strand. Hierdoor wordt station Hoek van Holland Strand ook 180 meter verplaatst richting zee.

6.5.1 Trillingshinder

Deze variant leidt alleen tot wijzigingen in de omgeving van het strand.

Omdat hier geen gebouwen met bestemming *wonen* staan, leidt deze variant niet tot een toe- of afname in aantal mogelijk gehinderden ten opzichte van het hoofdalternatief. Het aantal personen met een kans op trillingshinder en de afname in aantal mogelijk gehinderden ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging is weergegeven in Tabel 6.13.

Tabel 6.13 Aantal mogelijk trillingsgehinderden variant Hoek van Holland Strand 2 West

Deeltraject	Overschrijdingen A1-waarde		Overschrijdingen A1- en A2 of A3-waarde	
	Aantal	Vershil met altern.	Aantal	Vershil met altern.
Schiedam	0	0	0	0
Vlaardingen	1348	0	970	0
Maassluis	7	0	5	0
Hoek van Holland	143	0	136	0
Totaal	1498	0	1111	0

De maximale trillingssterkte wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging.

6.5.2 Laagfrequent geluidhinder

Ook het aantal personen met een kans op laagfrequent geluidhinder blijft gelijk, zie Tabel 6.14.

Tabel 6.14 Aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden variant Hoek van Holland Strand 2 West

Deeltraject	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	
	Aantal	Vershil met altern.
Schiedam	0	0
Vlaardingen	0	0

Maassluis	0	0
Hoek van Holland	292	0
Totaal	292	0

Het maximale laagfrequent geluidniveau wijzigt niet ten gevolge van het alternatief Ombouw + Verlenging.

6.6 Tijdelijke effecten

Bij het te verlengen deel van de Hoekse Lijn, na station Hoek van Holland Haven, wordt geheid voor een onderstation bij het huidige station Hoek van Holland Strand en een perron voor het nieuwe station Hoek van Holland Strand. Verder worden damwanden ingetrild ten behoeve van de gesloten bak onder het Vinetaduin.

Het aantal mogelijk gehinderde personen per deeltraject is weergegeven in Tabel 6.15. Ook de verschillen met het alternatief Ombouw worden getoond.

Tabel 6.15 Aantal mogelijk trillingsgehinderden bij 1 dag, 1 week en 1 maand werkzaamheden

Deeltraject	1 dag		1 week		1 maand	
	Aantal	Versch. met Omb.	Aantal	Versch. met Omb.	Aantal	Versch. met Omb.
Schiedam	3348	0	3645	0	4622	0
Vlaardingen	1017	0	1184	0	1440	0
Maassluis	483	0	483	0	522	0
Hoek van Holland	366	+364	495	+483	685	+540
Totaal	5214	+364	5807	+483	7269	+540

In het algemeen geldt dat het intrillen van damwanden tot meer trillingshinder leidt dan het heien van palen. Intrillen van damwanden vindt plaats bij het realiseren van de gesloten bak onder het Vinetaduin.

Uit de schadeberekeningen blijkt dat schade niet kan worden uitgesloten bij het realiseren van de fundatie van de technische ruimte bij de Strandweg. Bij het heien van de palen is schade mogelijk aan een woning aan de Stationsweg.

Om hinder en schade in de tijdelijke situatie te beperken wordt verwezen naar de in paragraaf 5.4 genoemde aandachtspunten.

6.6.1 Variant Open bak in Vinetaduin

Bij de variant Open bak in Vinetaduin worden geen damwanden getrild bij de Strandweg. De open bak wordt, vanwege de geringere diepteligging, in open ontgraving gerealiseerd. Het aantal gehinderde personen is weergegeven in Tabel 6.16. De verschillen met het alternatief Ombouw + Verlenging zijn ook aangenomen. Deze variant leidt tot aanzienlijk minder mogelijk gehinderden dan het alternatief, doordat er geen damwanden worden ingetrild.

Tabel 6.16 Aantal mogelijk trillingsgehinderten bij 1 dag, 1 week en 1 maand werkzaamheden

Deeltraject	1 dag		1 week		1 maand	
	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.
Schiedam	3348	0	3645	0	4622	0
Vlaardingen	1017	0	1184	0	1440	0
Maassluis	483	0	483	0	522	0
Hoek van Holland	5	-361	14	-481	163	-522
Totaal	4853	-361	5326	-481	6747	-522

Deze variant leidt niet tot andere locaties met een kans op schade.

6.6.2 Variant Verdiepte kruising Strandweg

Bij de variant Verdiepte kruising Strandweg worden over een grotere lengte damwanden getrild ten behoeve van de verdiepte kruising. Het aantal mogelijk gehinderde personen is weergegeven in Tabel 6.17. De verschillen met het alternatief Ombouw + Verlenging zijn ook aangegeven. Deze variant leidt tot iets meer mogelijk gehinderden dan het alternatief, doordat er over een grotere lengte damwanden worden ingetrild.

Tabel 6.17 Aantal mogelijk trillingsgehinderten bij 1 dag, 1 week en 1 maand werkzaamheden

Deeltraject	1 dag		1 week		1 maand	
	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.
Schiedam	3348	0	3645	0	4622	0
Vlaardingen	1017	0	1184	0	1440	0
Maassluis	483	0	483	0	522	0
Hoek van Holland	414	+48	511	+16	702	+17
Totaal	5262	+48	5823	+16	7286	+17

De variant Verdiepte kruising Strandweg leidt niet tot andere locaties met een kans op schade.

6.6.3 Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West

Bij de variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West wordt het perron van het station verschoven, en worden de heiwerkzaamheden dicht bij de bebouwing aan de Zeekant uitgevoerd. Omdat het echter niet om bebouwing met bestemming *wonen* gaat, neemt het aantal gehinderde personen niet toe bij deze variant ten opzichte van het alternatief Ombouw + Verlenging. Het aantal gehinderde personen is weergegeven in Tabel 6.18.

Tabel 6.18 Aantal mogelijk trillingsgehinderten bij 1 dag, 1 week en 1 maand werkzaamheden

Deeltraject	1 dag		1 week		1 maand	
	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.	Aantal	Versch. met alt.
Schiedam	3348	0	3645	0	4622	0
Vlaardingen	1017	0	1184	0	1440	0
Maassluis	483	0	483	0	522	0
Hoek van Holland	366	0	495	0	685	0
Totaal	5214	0	5807	0	7269	0

Ook deze variant leidt niet tot andere locaties met een kans op schade.

7 Effectbeoordeling alternatieven en varianten

In dit onderzoek is de trillings- en laagfrequent geluidhinder beschouwd voor de ombouw en verlenging van de Hoekse Lijn. De belangrijkste wijzigingen in het project zijn de ombouw van stations, de aansluiting op het metronetwerk van Rotterdam bij Schiedam, een ander type materieel, gewijzigde rijsnelheden en mogelijk een verlenging van de Hoekse Lijn voorbij het huidige station Hoek van Holland Strand. In dit hoofdstuk worden de verschillende alternatieven en varianten, zoals beoordeeld in de voorgaande hoofdstukken, onderling vergeleken.

7.1 Samenvatting

De ombouw van de Hoekse Lijn leidt tot een reductie in trillingshinder en een toename in laagfrequent geluidhinder. In het alternatief Ombouw + Verlenging neemt het aantal personen met een kans op hinder verder toe, maar alleen voor het deeltraject Hoek van Holland. In Tabel 7.1 het aantal mogelijk gehinderde personen per alternatief en per variant weergegeven.

Tabel 7.1 Onderlinge vergelijking aantal personen met kans op hinder per alternatief en variant

Criterium	Indicator	Deeltraject	Referentiesituatie	Ombouw	Aanpassing goederenspoor Vlaardingen	Ombouw + Verlenging	Open bak in Vinetaduin	Verdiepte kruising Strandweg	Eindstation HvH Strand 2 West
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde	Schiedam	177	0	0	0	0	0	0
		Vlaardingen	1688	1348	1348	1348	1348	1348	1348
		Maassluis	12	7	7	7	7	7	7
		Hoek van Holland	51	58	58	143	331	131	143
		Totaal	1928	1413	1413	1498	1686	1486	1498
	Overschrijdingen A1- en A2- of A3-waarde	Schiedam	12	0	0	0	0	0	0
		Vlaardingen	1431	970	970	970	970	970	970
		Maassluis	9	5	5	5	5	5	5
		Hoek van Holland	44	55	55	136	324	127	136
		Totaal	1496	1030	1030	1111	1299	1102	1111
LF geluidhinder	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	Schiedam	0	0	0	0	0	0	0
		Vlaardingen	0	0	0	0	0	0	0
		Maassluis	0	0	0	0	0	0	0
		Hoek van Holland	2	14	14	292	292	304	292
		Totaal	2	14	14	292	292	304	292

Uit het onderzoek volgt dat alle beschouwde varianten en alternatieven leiden tot een afname van het aantal personen met een kans op trillingshinder op de deeltrajecten Schiedam, Vlaardingen en Maassluis, voornamelijk door de lagere snelheid van reizigers- en goederentreinen en de gunstiger trillingskarakteristieken van de metrovoertuigen ten opzichte van de huidige NS-sprinters. Er zijn geen personen met een kans op laagfrequent geluidhinder op deze deeltrajecten.

Alleen bij het deeltraject Hoek van Holland neemt het aantal mogelijk trillingsgehinderden toe. Voor het alternatief Ombouw treedt deze toename alleen op nabij station Hoek van Holland Haven, door de hogere snelheid van de metrovoertuigen bij non-stopritten van Schiedam naar Hoek van Holland Strand. Bij het alternatief Ombouw + Verlenging neemt het aantal mogelijk gehinderde personen sterk toe, zowel ten opzichte van de Referentiesituatie als ten opzichte van het alternatief Ombouw. Deze toename treedt op bij de Stationsweg, onder meer door de hogere snelheid van de metrovoertuigen, en bij de Strandweg. Bij de Strandweg is nu nog geen sprake van trillingen ten gevolge van spoorverkeer, na verlenging van de Hoekse Lijn mogelijk wel. Het aantal personen dat mogelijk hinder ten gevolge van laagfrequent geluid ervaart, neemt voor het alternatief Ombouw toe in Hoek van Holland. Deze toename treedt op bij woningen aan de Stationsweg die dichtbij het spoor staan, en wordt veroorzaakt door de minder gunstige laagfrequent geluidkarakteristieken van de metrovoertuigen ten opzichte van de huidige NS-sprinters. Bij het alternatief Ombouw + Verlenging neemt het aantal laagfrequent geluidgehinderden sterk toe, dit komt met name door de (deels) ondergrondse ligging nabij de appartementen aan de Strandweg.

Voor de onderzochte varianten worden de effecten ten aanzien van trillingen en laagfrequent geluid hieronder toegelicht, de toelichting is voor de wijziging ten opzichte van het alternatief:

1. Aanpassing van het goederenkeerspoor bij Vlaardingen heeft geen invloed op het aantal mogelijke trillings- en laagfrequent geluidgehinderden. Het aantal goederentreinen door Vlaardingen neemt af bij deze variant, maar dit leidt niet tot andere resultaten in de beoordeling omdat de trillings- en laagfrequentgeluidniveaus in dit gedeelte van Vlaardingen vrijwel altijd onder de streefwaarden vallen;
2. De verdiepte kruising bij de Strandweg leidt tot een niet-significante afname in aantal personen dat mogelijk hinder ten gevolge van trillingen ervaart, en tot een niet-significante toename in aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderden. Een spoor in een gesloten bak of tunnel leidt, ten opzichte van spoor op maaiveld, doorgaans tot een afname van de trillingen en tot een toename van het laagfrequente geluid, waarbij hogere frequenties worden beschouwd dan bij trillingshinder;
3. De beschouwde variant Open bak in Vinetaduin leidt tot een lichte toename in het aantal personen dat mogelijk trillingshinder ervaart, doordat het spoor aanzienlijk dichter bij de bebouwing aan de Strandweg wordt gerealiseerd;
4. Het verschuiven van het nieuwe station Hoek van Holland Strand 2 naar een positie dichterbij het strand leidt niet tot een toe- of afname in aantal gehinderden, doordat zich daar geen bebouwing met bestemming *wonen* bevindt.

Tijdelijke effecten ten aanzien van trillingen worden vooral verwacht in de nabijheid van locaties waar heiwerkzaamheden worden uitgevoerd, zoals bij stations en technische ruimtes, maar ook bij locaties waar damwanden worden ingetrild. Op een paar locaties kan schade aan de bebouwing ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet worden uitgesloten.

Voor deze locaties wordt geadviseerd om trillingsarme bouwmethodes toe te passen, en wanneer dat niet nodig is gebruik te maken van vooropnames aan de gebouwen en monitoring van de trillingen.

7.2 Beoordeling

De beoordeling van de alternatieven vindt plaats op basis van het beoordelingskader in paragraaf 3.2 en de gegevens zoals opgenomen in Tabel 7.2. Het totaal aantal mogelijk trillingsgehinderten in de alternatieven *Ombouw* en *Ombouw + Verlenging* wordt beoordeeld als positief (+) tot sterk positief (++) in vergelijking met de Referentiesituatie. Ten opzichte van deze Referentiesituatie neemt het aantal personen met een kans op trillingshinder voor de totale Hoekse Lijn af. Het aantal mogelijk laagfrequent geluidgehinderten in de alternatieven *Ombouw* en *Ombouw + Verlenging* wordt beoordeeld als sterk negatief (--) in vergelijking met de Referentiesituatie. Ten opzichte van de Referentiesituatie neemt het aantal personen met een kans op laagfrequent geluidhinder voor de totale Hoekse Lijn toe.

Tabel 7.2 Beoordeling trillings- en laagfrequent geluideffecten, alternatieven

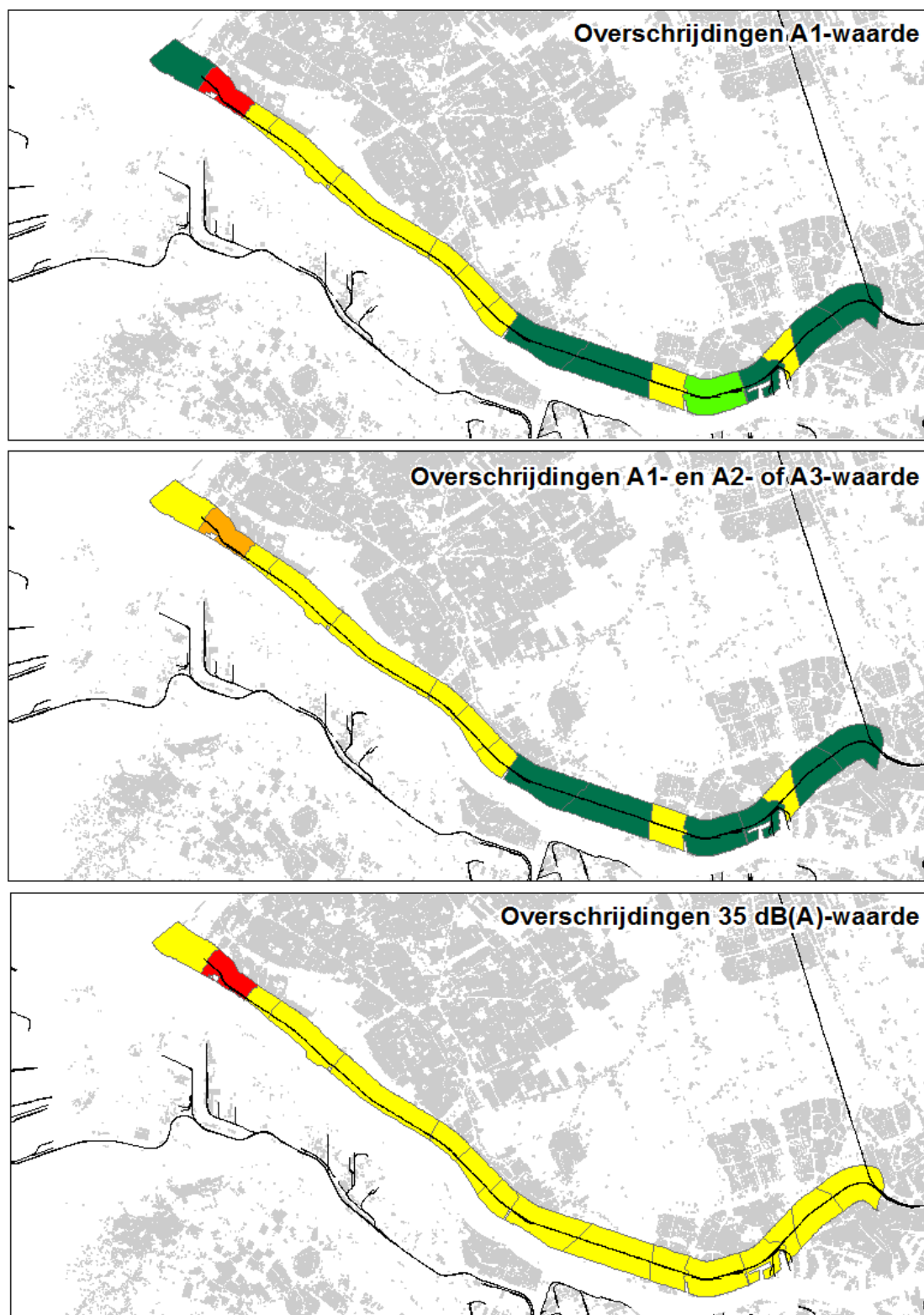
Criterium	Indicator	Referentie situatie	Alternatief Ombouw	Alternatief Ombouw + Verlenging
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde	0	+	+
	Overschrijdingen A1- en A2- of A3-waarde	0	++	+
LF geluidhinder	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	0	--	--

Van de onderzochte varianten geeft alleen de variant Open bak in Vinetaduin een significant verschil te zien ten opzichte van het alternatief. Het aantal personen met een kans op trillingshinder neemt toe bij deze variant, zie Tabel 7.3. Deze toename vindt alleen plaats in Hoek van Holland.

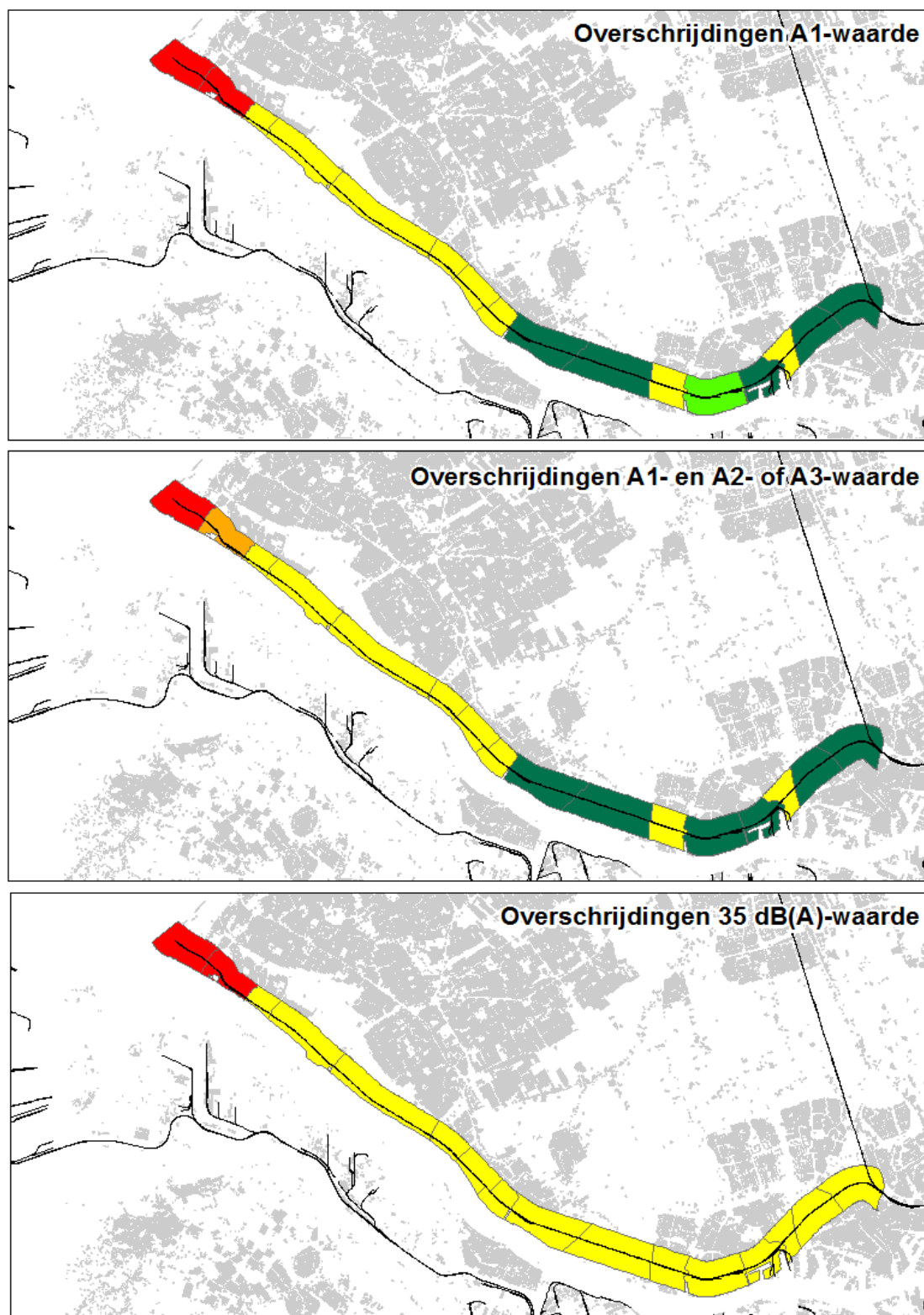
Tabel 7.3 Beoordeling effecten trillings- en laagfrequent geluidhinder, varianten (blanco = geen significant verschil, ■ = wel significant verschil)

Criterium	Indicator	Variant Om te bouwen deel	Variant Te verlengen deel		
		Aanpassing goederenspoor Vulcaanhaven	Open bak in Vinetaduin	Verdiepte kruising Strandweg	Eindstation HvH Strand 2 West
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde		■		
	Overschrijdingen A1- en A2- of A3-waarde	■			
LF geluidhinder	Overschrijdingen 25dB(A)-waarde				

Omdat de meeste effecten sterk verschillen per locatie langs de lijn, wordt de effectbeoordeling ook toegepast per deeltraject, zoals gedefinieerd in Figuur 2.2. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 7.1 en Figuur 7.2. In deze figuren valt op dat in Schiedam, Vlaardingen en Maassluis de kans op trillingshinder sterk afneemt ten gevolge van het project, terwijl de kans op laagfrequent geluidshinder gelijk blijft. In Hoek van Holland zorgt de ombouw van de Hoekse Lijn voor een toename in trillings- en laagfrequent geluidshinder. Wanneer ook het te verlengen deel wordt gerealiseerd, neemt de kans op trillings- en laagfrequent geluidshinder verder toe in Hoek van Holland.



Figuur 7.1 Effecten alternatief Ombouw per deeltraject, per indicator



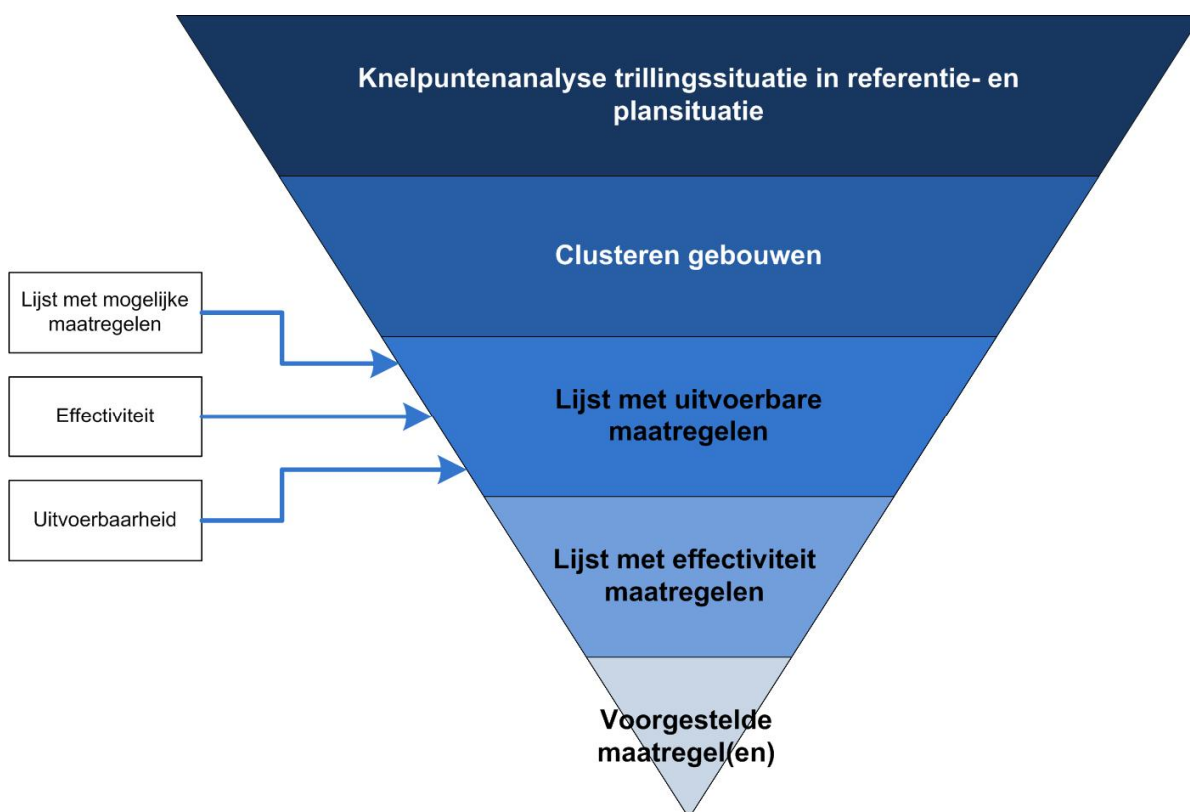
Figuur 7.2 Effecten alternatief Ombouw + Verlenging per deeltraject, per indicator

8 Mitigerende en compenserende maatregelen

Voor locaties waar de hinder ten gevolge van trillingen of laagfrequent geluid significant toeneemt, worden maatregelen afgewogen.

8.1 Methodiek

De keuze voor een bepaalde trillingsmaatregel bestaat uit een aantal stappen. Deze stappen zijn schematisch weergegeven in Figuur 8.1.



Figuur 8.1 Stappenplan voor maatregelenonderzoek

De volgende stappen worden genomen:

1. Knelpuntenanalyse: het bepalen van de situatie per gebouw ten aanzien van trillingen en laagfrequent geluid. Hiervoor wordt de trillingssterkte V_{max} , de trillingsintensiteit V_{per} en het laagfrequent geluidniveau LA_{max} bepaald in zowel de huidige en Referentiesituatie, als de onderzochte alternatieven;
2. Clustering van gebouwen: bepalen aantal woningen waar de hinder significant toeneemt. Een groep gebouwen waarvoor een aaneengesloten maatregel nodig is, wordt een cluster genoemd;
3. Overzicht van voorhanden maatregelen uitkiezen. Afwegen of een maatregel wel of niet mogelijk is (ruimtetechnisch, fysieke obstakels en effectiviteit) op basis van expert judgment. Resultaat is een lijst met uitvoerbare maatregelen;

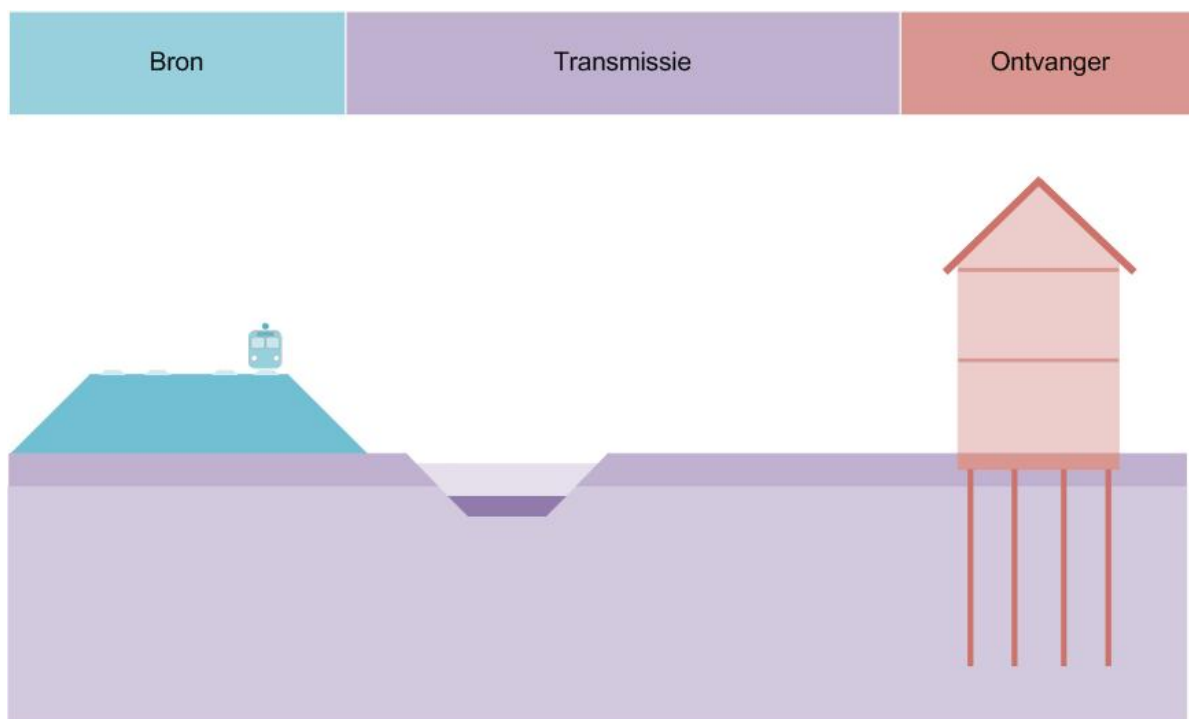
4. Doorrekenen van uitvoerbare maatregelen. Per maatregel wordt het aantal gehinderden bepaald in de plansituatie met maatregel. Resultaat is een lijst met daarin de uitvoerbare maatregelen en de bijbehorende effectiviteit;
5. Uit de lijst met effectieve maatregelen wordt per variant aangegeven welke maatregel(en), op basis van de inpasbaarheid, het effect op de omgeving en de effectiviteit ten aanzien van hinderreductie, in de variantenafweging worden opgenomen.

8.2 Mogelijke maatregelen

Trillingen ten gevolge van metroverkeer kunnen op drie posities worden gereduceerd:

1. Bij de bron (metro's of spoorconstructie);
2. Tussen de bron en de ontvanger (in de bodem);
3. Bij de ontvanger (gebouw).

Deze drie posities zijn schematisch weergegeven in Figuur 8.2.



Figuur 8.2 Schematisch overzicht spoorsysteem

Bij het zoeken naar mogelijkheden voor het reduceren van de trillingen dient de beschouwing van mogelijke reductieopties bij voorkeur in de hieronder opgenomen volgorde te worden uitgevoerd:

- Het reduceren van de bronztrillingen, afkomstig van de trein;
- Het reduceren van de overdracht van de trillingen, bijvoorbeeld door het ontkoppelen van de bron en de ontvanger door het toepassen van absorberende of reflecterende tussenlagen. Dit type maatregel wordt het meest toegepast.
- Het verhogen van de impedantie van de aangestoten constructie (de mate waarin een constructie in beweging kan worden gebracht). Dit kan bijvoorbeeld door het verhogen van de stijfheid van de constructie of het vergroten van de massa;

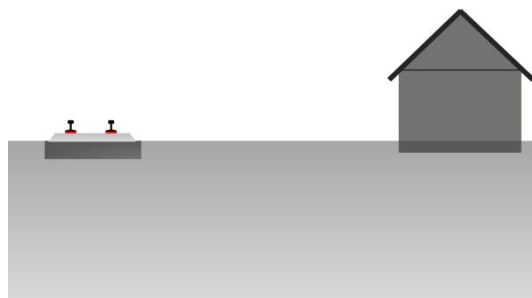
In de praktijk is het reduceren van trillingen zeer moeilijk. De effectiviteit van een maatregel hangt af van een groot aantal factoren. Maatregelen die op de ene locatie effectief zijn, kunnen op een andere locatie de trillingssterkte niet of veel minder reduceren. Het uitvoeren van een maatregelenonderzoek dient daarom altijd locatiespecifiek plaats te vinden.

Door middel van bronnenonderzoek, expert interviews en brainstormsessies is een breed scala aan mogelijke trillingsmaatregelen bepaald. De verschillende types maatregelen worden in de onderstaande subparagrafen nader toegelicht.

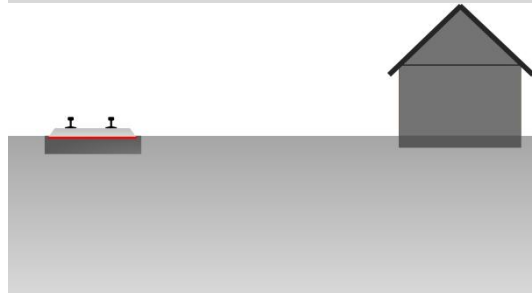
8.2.1 Mogelijke maatregelen aan de bron

De meest effectieve aanpak is het reduceren van de trillingen bij de bron: de trein of het spoorstelsel. Mogelijke maatregelen zijn:

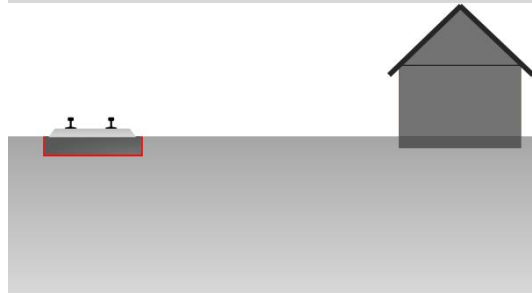
Railpads, een verende constructie tussen spoorstaaf en dwarsligger. Deze maatregel heeft pas effect bij frequenties boven de 40 Hz en is daardoor vooral effectief voor laagfrequent geluid, het reducerend effect voor trillingshinder is beperkt.



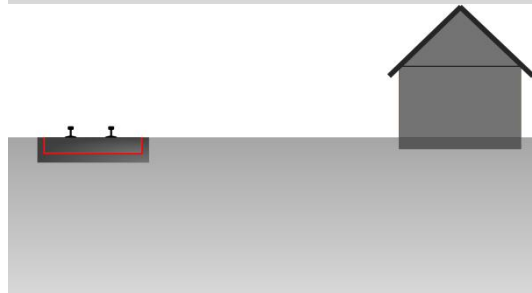
Under sleeper pads, een verende constructie tussen dwarsligger en ballast of betonplaat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 25 Hz.



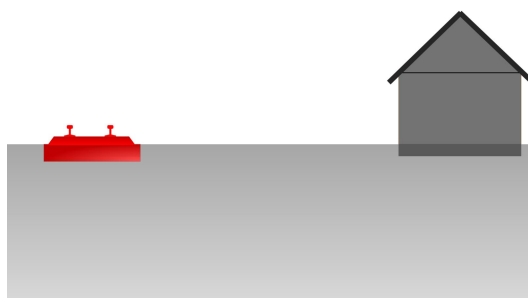
Ballastmatten, een verende constructie onder het ballast. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 20 Hz.



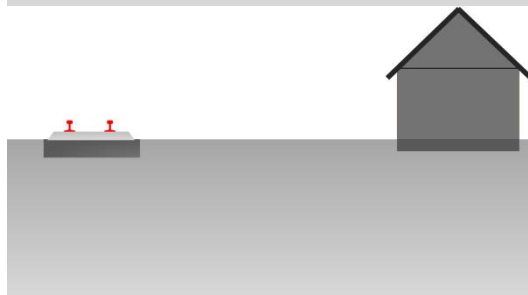
Floating slab track, een verende oplegging van het gehele spoorstelsel. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 5 Hz, en wordt regelmatig toegepast in binnen- en buitenland om de trillingen van metroverkeer te reduceren.



Aanpassing spoorconstructie, door de stijfheid of massa van de dwarsliggers of de betonnen plaat (bij een embedded rail constructie) aan te passen (grotere stijfheid, grotere massa etc.) kunnen de trillingen worden gereduceerd. Deze maatregelen hebben effect bij frequenties boven de 8 Hz.



Aanpassing spoorligging, bijvoorbeeld door het verplaatsen van wissels en andere oneffenheden in het spoor, zoals de aansluiting tussen aardebaan en kunstwerk. Deze oneffenheden hebben vooral op korte afstand (minder dan 50 meter) tot het spoor een grote invloed op de trillingssterkte.



Aanpassing aan voertuigen, bijvoorbeeld door het reduceren van de snelheid of beter toezicht op de kwaliteit van het materieel..

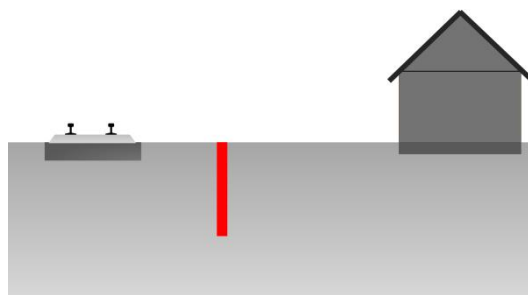


8.2.2 Mogelijke maatregelen aan de transmissie

Bij maatregelen aan de transmissie of de overdracht kan reductie van trillingshinder worden bereikt door de trillingen te absorberen of te reflecteren. Absorptie van trillingen is praktisch vrijwel niet uitvoerbaar, reflectie van trillingen kan worden bereikt door het introduceren van een fysieke barrière tussen de bron en de ontvanger. Een dergelijke barrière kan worden gerealiseerd van een zeer licht materiaal zoals EPS (of zelfs geen materiaal, zoals bij een sloot), of juist een zeer zwaar en stijf materiaal (zoals beton). Belangrijk is dat er een impedantiesprong wordt gecreëerd. Het ontwerpen van maatregelen aan de transmissie dient daarom altijd locatiespecifiek te worden uitgevoerd, zodat de lokale bodemkarakteristieken worden meegenomen.

Mogelijke transmissiemaatregelen zijn onder meer:

Ondergrondse trillingsreducerende constructie (OTC), bijvoorbeeld van beton of EPS. Een dergelijke constructie kan de trillingen absorberen (bij een zware constructie) en reflecteren, waardoor er een barrière ontstaat tussen bron en ontvanger.



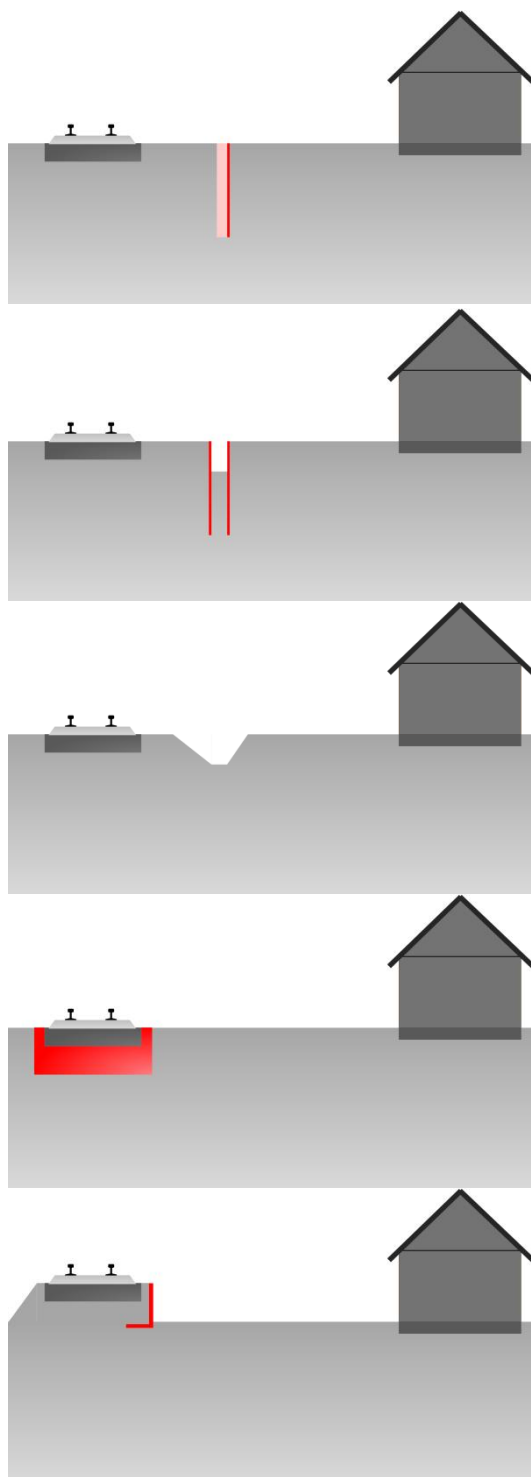
Beklede ondergrondse trillingsreducerende constructie (beklede OTC), waarbij de barrière wordt voorzien van een extra laag slap materiaal, bijvoorbeeld rubber, om een extra impedantiesprong te creëren. Deze maatregel heeft doorgaans meer effect dan een niet-beklede barrière.

Toepassen van een sleuf tussen twee damwanden, bij deze constructie wordt een smalle sloot gerealiseerd tussen twee damwanden. De verschillende materialen zorgen voor impedantiesprongen, waardoor reflectie van de trillingsgolven optreedt.

Sloot, hierbij wordt een fysieke onderbreking gecreëerd in het pad van de trillingen tussen bron en ontvanger.

Aanpassen van de bodem onder het spoor, bijvoorbeeld door het toepassen van grondverbetering of het realiseren van een zettingsvrije plaat (onderheide betonnen plaat)

Aanpassen van het spoortalud, bijvoorbeeld door het realiseren van een betonnen L-wand of het toepassen van geogrids. Metro's op een verhoogd talud geven doorgaans minder trillingen dan voertuigen die op maaiveld rijden.



8.2.3 Mogelijke maatregelen aan de ontvanger

De laatste categorie maatregelen zijn maatregelen aan de ontvanger, aan de gebouwen. Nadeel van deze categorie is dat de meeste opties grote impact hebben op de gebruikers van de gebouwen en vrijwel niet uitvoerbaar zijn voor bestaande gebouwen. De volgende maatregelen zijn mogelijk:

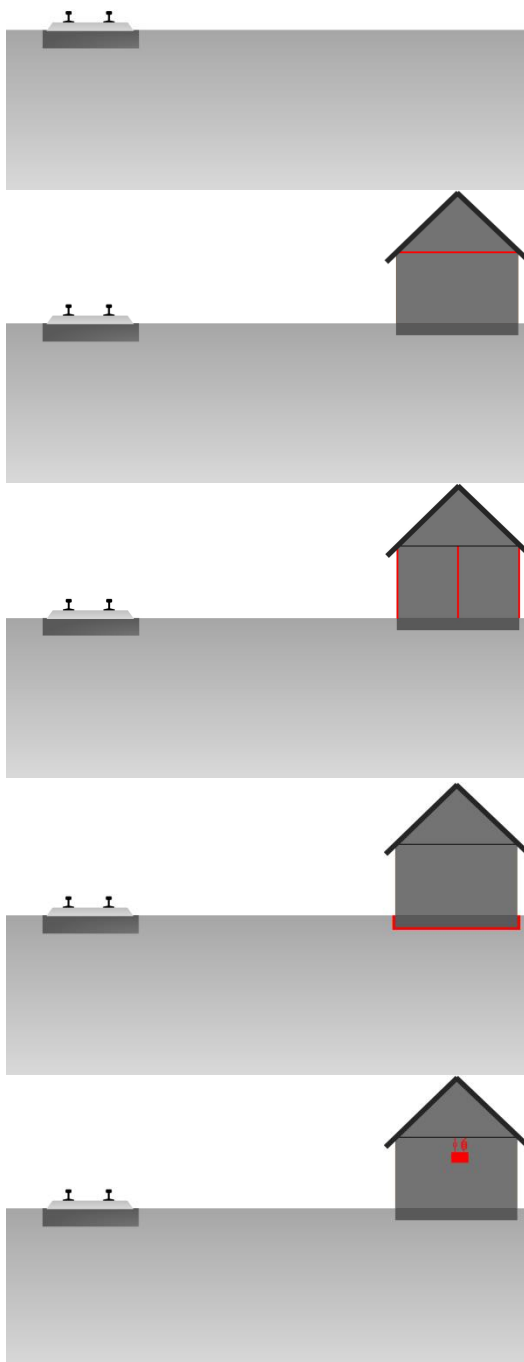
Opkopen, de gebouwen worden opgekocht en de bewoners of gebruikers verhuizen.

Verstijven van vloeren, hierbij worden (veelal houten) vloeren vervangen of verstevigd door stalen of betonnen elementen. Bij betonnen vloeren kan worden gedacht aan het vergroten van de massa van de vloeren.

Verstijven van muren, hierbij worden niet-constructieve binnenmuren vervangen door constructieve binnenmuren (bijv. van metselwerk of een rigide stalen frame, verbonden aan de hoofddraagconstructie), of worden buitenmuren verstevigd. Doel is om de horizontale eigenfrequentie van een gebouw te verhogen.

Inpakken van de fundering, vooral bij gebouwen die op staal zijn gefundeerd. Hierbij wordt de fundering ingepakt in een dempend materiaal, bijvoorbeeld rubber.

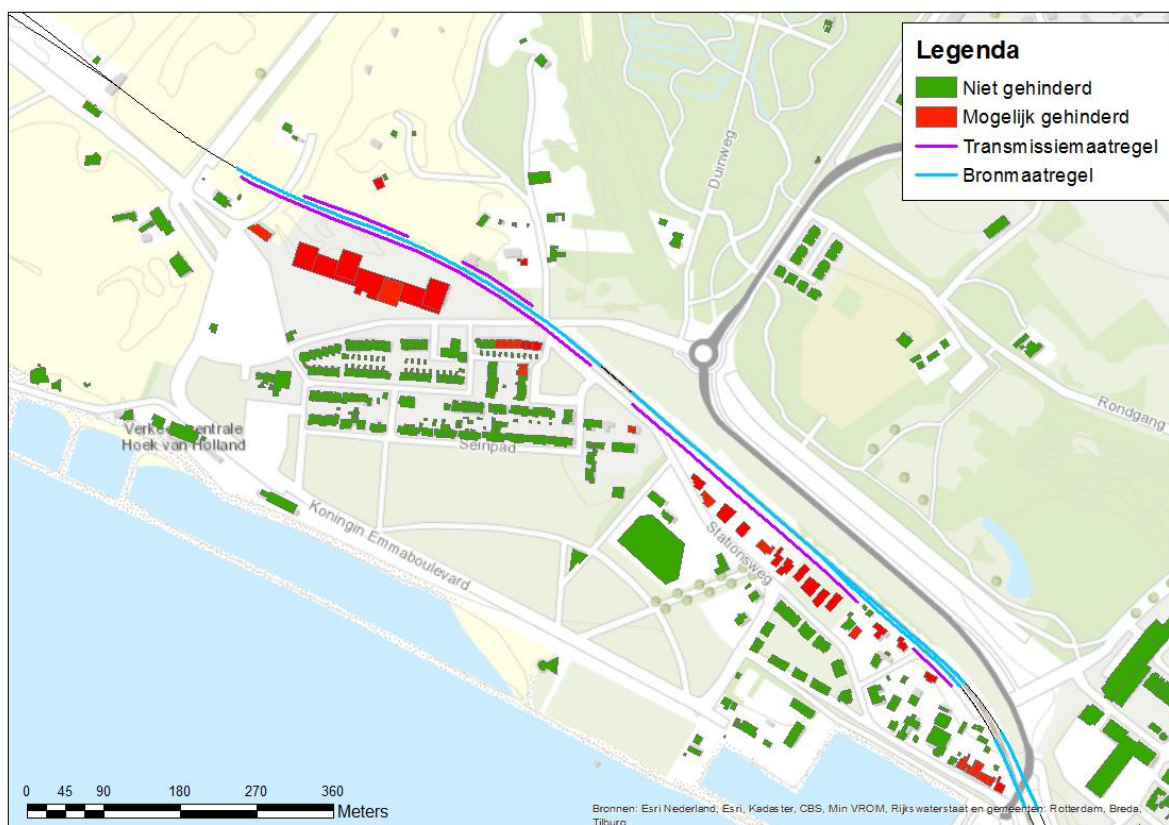
Tuned mass damper, een afgeregeld massa-veersysteem dat trillingen kan uitdempen toepassen in een woning. Een dergelijk systeem werkt vooral bij trillingen die alleen bij een bepaalde frequentie optreden, de trillingen van metro's hebben vaak een breed frequentiespectrum, zodat deze maatregel vaak niet voldoende effectief is.



8.3 Locaties voor maatregelen

Het alternatief Ombouw + Verlenging leidt tot een toename van het aantal trillings- en laagfrequent geluidgehinderden in Hoek van Holland, voorbij station Hoek van Holland Haven. In de rest van het studiegebied, tussen Schiedam en Hoek van Holland Haven, neemt het aantal gehinderden af.

In Figuur 8.3 is aangegeven of er een kans op hinder (ten gevolge van trillingen of laagfrequent geluid) wordt verwacht in een woning bij het alternatief Ombouw + Verlenging. De benodigde lengte voor bronmaatregelen is ca. 1450 meter, en strekt vanaf de Harwichweg tot aan de Strandboulevard. Voor transmissiemaatregelen is een lengte van ca. 1100 meter benodigd, bij een deel van de mogelijk gehinderden staat de bebouwing te dicht op het spoor om transmissiemaatregelen tussen het spoor en de bebouwing te kunnen realiseren.



Figuur 8.3 Mogelijk gehinderden en locaties voor maatregelen voor alternatief Ombouw + Verlenging

8.4 Te beschouwen maatregelen

Bij het zoeken naar maatregelen wordt een zoekvolgorde aangehouden: eerst wordt gekeken naar bronmaatregelen, daarna naar transmissiemaatregelen en tenslotte naar ontvangermaatregelen. Bij het beschouwen van de maatregelen binnen een categorie (bron-, transmissie- of ontvangermaatregelen) hebben goedkopere maatregelen de voorkeur boven duurdere maatregelen.

Bij beschouwing van de trillingsspectra in de bebouwing blijkt dat de meeste trillingen zich in het frequentiegebied van 6 tot 15 Hz bevinden. Op basis daarvan kan een aantal maatregelen als niet-effectief worden omschreven om de trillingshinder te reduceren, deze maatregelen kunnen wel effectief zijn tegen laagfrequent geluid. Omdat zowel de trillingshinder als de hinder ten gevolge van laagfrequent geluid dient te worden gereduceerd, zijn maatregelen die de trillingshinder versterken geen optie. Uit het overzicht met bronmaatregelen in paragraaf 8.2.1 blijkt dat alleen het verlagen van de voertuigsnelheid (tot max. 50 km/h), een floating slab track en het verbeteren van de spoorligging invloed hebben in dat frequentiegebied. Voor het reduceren van laagfrequent

geluidshinder zijn ook andere (en vergeleken met een floating slab track minder kostbare) maatregelen mogelijk.

Bij transmissiemaatregelen is het aanpassen van het spoortalud niet mogelijk, het spoor ligt in het studiegebied namelijk op maaiveldhoogte of zelfs verdiept. Ook het realiseren van een sloot is door de beperkte ruimte niet mogelijk. Bovendien heeft een sloot alleen bij grote diepte voldoende effect in de stijve zandbodem in Hoek van Holland.

Het project voorziet niet in ontvangermaatregelen, gezien de grote impact van dergelijke maatregelen op de bewoners van de betreffende panden. Alleen het inpakken van de fundering kan worden overwogen, omdat de impact van deze maatregel relatief beperkt is. Een *Tuned Mass Damper* heeft onvoldoende en mogelijk zelfs een negatief effect op de trillingen, omdat metro's een vrij breedbandig trillingsspectrum hebben, ook op de vloeren van het gebouw.

Op basis van deze overwegingen, waarbij de kosten van maatregelen zijn meegenomen, is een prioriteitsvolgorde opgesteld voor het zoeken naar mitigerende maatregelen. Hiervoor zijn de in paragraaf 8.2 genoemde maatregelen nogmaals weergegeven in Tabel 8.1 en gescoord op uitvoerbaarheid en effectiviteit. Op basis van deze parameters en de kosten van de maatregel, is vervolgens een onderzoeksprioriteit toegekend. Een maatregel met lagere kosten heeft hierbij een hogere prioriteit dan een maatregel met hogere kosten.

Tabel 8.1 Overzicht met maatregelen en prioriteitstoekenning

	Uitvoerbaarheid	Effectiviteit	Prioriteit
Bronmaatregelen			
Railpads	+	-	
Under sleeper pads	+	-	
Ballastmatten	+	-	
Floating slab track	+	+	2
Aanpassing spoorconstructie	+	0	
Aanpassing spoorligging	+	+	3
Snelheidsaanpassing	+	+	1
Transmissiemaatregelen			
OTC	+	+	4
Beklede OTC	+	+	7
Sleuf tussen twee damwanden	+	+	6
Sloot aanleggen	-	0	
Aanpassen bodem	+	+	5
Aanpassen spoortalud	-	+	
Ontvangermaatregelen			
Amoveren	-	+	
Verstijven van vloeren	-	+	
Verstijven van muren	-	+	
Inpakken van fundering	+	+	8
Tuned Mass Damper	-	-	

Als maatregelen aan de bron zijn het verbeteren van de spoorligging, het reduceren van de snelheid tussen Hoek van Holland Haven en Hoek van Holland Strand (naar max. 50 km/h), alsmede drie types floating slab track onderzocht. Als transmissiemaatregelen zijn een trillingsscherm van jet-grout van 1 meter breed en dieptes van 6, 10 en 14 meter onderzocht. Alle overige transmissiemaatregelen hebben dermate hoge kosten dat deze maatregelen niet doelmatig zullen zijn, gegeven het gehanteerde richtbedrag.

8.5 Alternatief Ombouw

Bij het alternatief Ombouw neemt het aantal mogelijk trillings- en laagfrequent geluidgehinderden niet toe ten opzichte van de Referentiesituatie. Voor dit alternatief zijn daarom geen maatregelen onderzocht.

8.6 Alternatief Ombouw + Verlenging

Het aantal mogelijk trillings- en laagfrequent geluidgehinderden in Hoek van Holland, alsmede het effect van het alternatief Ombouw + Verlenging met maatregelen ten opzichte van de Referentiesituatie is weergegeven in Tabel 8.2. De maatregelen zijn in aflopende prioriteit geplaatst, van links naar rechts.

Duidelijk zichtbaar is dat de floating slab tracks effectief zijn tegen laagfrequent geluidshinder, en afhankelijk van het type, ook tegen trillingshinder van metroverkeer. Het verlagen van de snelheid naar 50 km/h reduceert wel de trillingshinder, maar er blijft een toename in mogelijke laagfrequent geluidgehinderden ten opzichte van de Referentiesituatie.

Tabel 8.2 Vergelijking situaties met en zonder maatregelen in Hoek van Holland, alternatief Ombouw + Verlenging

Criterium	Indicator	Ref. sit.	Verlenging								
			Zonder maatregelen	Snelheidsverlaging tot max. 50 km/h	Floating slab track, afgeveerd op 12 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 8 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 6 Hz	Betere spoorligging	Trillingsscherm jet-grout 6.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 10.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 14.0 x 1.0 m
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde	51	143	35	175	76	39	35	138	71	67
		0	--	++	--	--	+	++	--	--	--
	Overschrijdingen SBR B-richtlijn	44	136	32	101	71	35	30	74	69	62
		0	--	+	--	--	+	++	--	--	--
Laagfrequent geluidhinder	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	2	292	143	0	0	0	143	290	288	262
		0	--	--	++	++	++	--	--	--	--

Uit het maatregelenonderzoek volgt dat voor het alternatief Ombouw + Verlenging een snelheidsverlaging een effectieve maatregel is, die het aantal personen met een kans op trillingshinder sterk reduceert ten opzichte van de Referentiesituatie, en ook het aantal mogelijke laagfrequent geluidgehinderden neemt af ten opzichte van de situatie zonder maatregelen. Voor verdere reductie van het aantal laagfrequent geluidgehinderden dient een maatregel genomen te worden met voldoende hoogfrequent effect. Een voorbeeld daarvan is een floating slab track, afgeveerd op een zo laag mogelijke frequentie om een toename in aantal trillingsgehinderden te voorkomen.

Ook het effect van een betere spoorligging is onderzocht. Deze maatregel houdt in dat bij het construeren van het spoor oneffenheden in het spoor sterk worden geminimaliseerd, waarbij ook in het onderhoudsregime rekening wordt gehouden met het optimaal houden van de spoorligging, bijvoorbeeld door frequenter onderhoud of strengere eisen voor dit gedeelte van het spoor. Bij een embedded rail constructie zoals deze wordt gerealiseerd in Hoek van Holland is dit een realiseerbare maatregel die leidt tot een sterke reductie van het aantal trillingsgehinderden ten opzichte van de Referentiesituatie, en waarbij ook het aantal laagfrequent geluidgehinderden sterk wordt gereduceerd ten opzichte van de situatie zonder maatregelen.

8.6.1 Variant Open bak in Vinetaduïn

Het aantal personen met een kans op trillings- en laagfrequent geluidhinder in Hoek van Holland, alsmede het effect van de variant Open bak in Vinetaduïn met maatregelen ten opzichte van de Referentiesituatie, is weergegeven in Tabel 8.3. De maatregelen zijn in aflopende prioriteit geplaatst, van links naar rechts.

Tabel 8.3 Vergelijking situaties met en zonder maatregelen in Hoek van Holland, variant Open bak in Vinetaduïn

Criterium	Indicator	Ref. sit.	Verlenging variant Open bak in Vinetaduïn								
			Zonder maatregelen	Snelheidsverlaging tot max. 50 km/h	Floating slab track, afgeveerd op 12 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 8 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 6 Hz	Betere spoorligging	Trillingsscherm jet-grout 6.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 10.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 14.0 x 1.0 m
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde	51	331	154	370	140	30	152	329	324	78
		0	--	--	--	--	++	--	--	--	--
	Overschrijdingen SBR B-richtlijn	44	324	92	301	138	25	90	202	140	71
		0	--	--	--	--	++	--	--	--	--
Laagfrequent geluidhinder	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	2	292	140	0	0	0	136	290	285	202
		0	--	--	++	++	++	--	--	--	--

Een snelheidsverlaging reduceert het aantal mogelijk gehinderden wel, maar nog onvoldoende. Voor verdere reductie van het aantal mogelijk gehinderden dient een aanvullende maatregel genomen te worden, bijvoorbeeld een floating slab track, afgeveerd op voldoende lage frequenties.

Wanneer een snelheidsverlaging wordt gecombineerd met een betere spoorligging kan worden volstaan met een kleinere aanvullende maatregel.

8.6.2 Variant Verdiepte kruising Strandweg

Het aantal personen met een kans op trillings- en laagfrequent geluidhinder in Hoek van Holland, alsmede het effect van de variant met maatregelen ten opzichte van de Referentiesituatie, is weergegeven in Tabel 8.4. De maatregelen zijn in aflopende prioriteit geplaatst, van links naar rechts.

Tabel 8.4 *Vergelijking situaties met en zonder maatregelen in Hoek van Holland, variant Verdiepte kruising Strandweg*

Criterium	Indicator	Ref. sit.	Verlenging variant Verdiepte kruising Strandweg								
			Zonder maatregelen	Snelheidsverlaging tot max. 50 km/h	Floating slab track, afgeveerd op 12 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 8 Hz	Floating slab track, afgeveerd op 6 Hz	Betere spoorligging	Trillingsscherm jet-grout 6.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 10.0 x 1.0 m	Trillingsscherm jet-grout 14.0 x 1.0 m
Trillingshinder	Overschrijdingen A1-waarde	51	131	32	160	70	36	32	126	65	61
		0	--	++	--	--	+	++	--	-	-
	Overschrijdingen SBR B-richtlijn	44	122	29	91	64	31	27	66	62	56
		0	--	++	--	--	+	++	--	--	-
Laagfrequent geluidhinder	Overschrijdingen 35 dB(A)-waarde	2	304	148	0	0	0	148	302	299	273
		0	--	--	++	++	++	--	--	--	--

Ook bij deze variant geldt dat een snelheidsverlaging het aantal mogelijk gehinderden wel reduceert, maar er blijven nog mogelijk laagfrequent geluidgehinderden na deze maatregel. Voor verdere reductie van het aantal mogelijk gehinderden dient een aanvullende maatregel genomen te worden, bijvoorbeeld een floating slab track, afgeveerd op voldoende lage frequenties.

Wanneer een snelheidsverlaging wordt gecombineerd met een betere spoorligging kan worden volstaan met een kleinere aanvullende maatregel.

8.6.3 Variant Eindstation Hoek van Holland Strand 2 West

Deze variant leidt tot hetzelfde aantal mogelijk trillings- en laagfrequent geluidgehinderden als het alternatief Ombouw + Verlenging. Het effect van de maatregelen is ook hetzelfde, zie de hoofdtekst van paragraaf 8.6 en Tabel 8.2.

9 Leemten in kennis

Dit onderzoek kent een aantal aannames, uitgangspunten en keuzes die invloed kunnen hebben op de resultaten van het onderzoek. Nader onderzoek kan uitwijzen hoe groot deze invloed is. De factoren die invloed kunnen hebben op de resultaten en conclusies worden hieronder toegelicht:

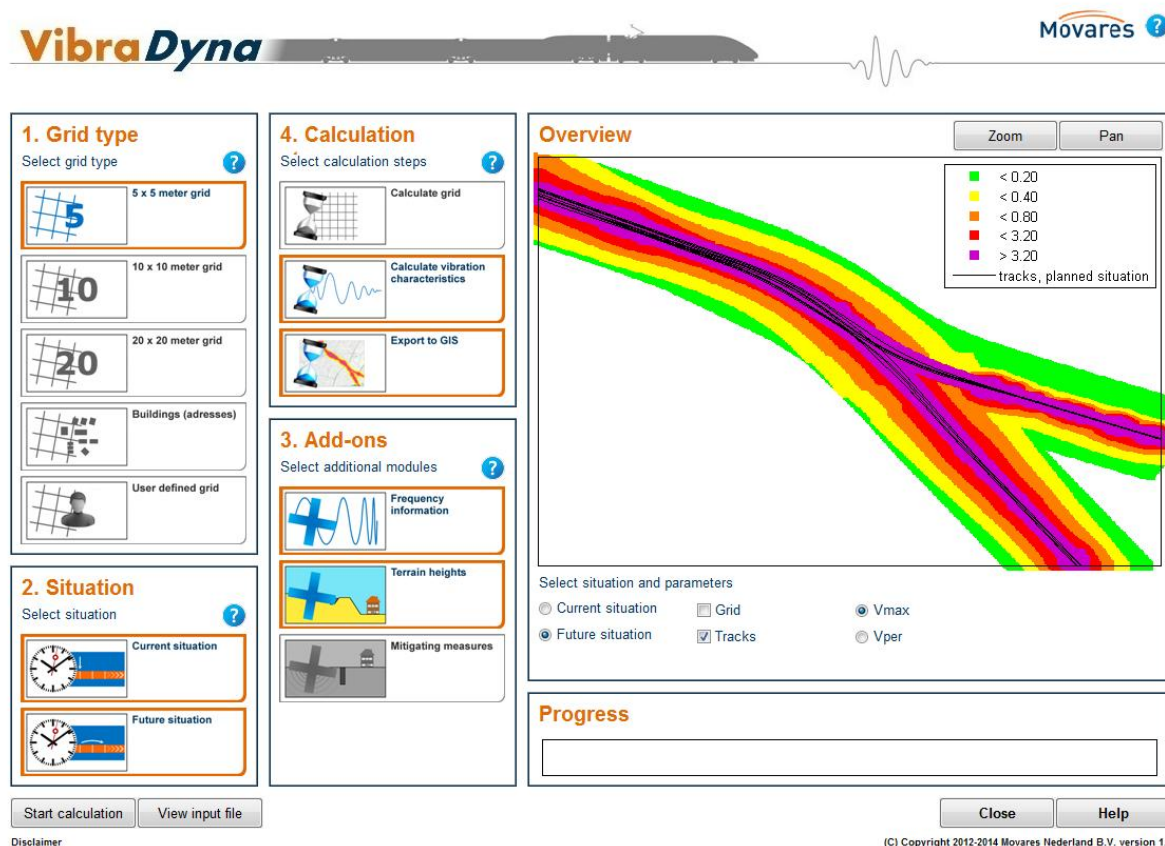
- De modelberekeningen zijn gebaseerd op metingen die op een groot aantal punten langs de lijn zijn uitgevoerd. De locatie van de metingen is dusdanig gekozen dat de meetpunten voldoende zijn verspreid in het studiegebied, en dat elk relevant type bodemopbouw minimaal een meting kent. Desondanks kan het voorkomen dat sterk lokale effecten in de bodem onvoldoende ondervangen zijn in de modelberekeningen. Gezien het grote aantal metingen dat is gebruikt voor de modelberekeningen, is de invloed van deze onnauwkeurigheid beperkt;
- In het onderzoek zijn de gebouwgegevens gekarakteriseerd op basis van kenmerken zoals bouwhoogte, bouwjaar en afmetingen, en vervolgens gecategoriseerd in klassen. De overdracht van maaiveld naar fundering en van fundering naar midden vloerveld is per klasse bepaald in een groot aantal vergelijkbare gebouwen, verspreid over heel Nederland. Desondanks kan het voorkomen dat bepaalde gebouwen met sterk afwijkende bouwkenmerken niet goed gerepresenteerd worden door de in dit onderzoek gebruikte overdrachtsverhoudingen. Het model werkt daarom met een betrouwbaarheid van 95 procent, de kans op een hogere trillingssterkte of laagfrequent geluidniveau dan het model aangeeft is daarmee kleiner dan 5 procent;
- Bij een embedded rail constructie wordt vaak een grote spreiding in de kwaliteit van de spoorligging gemeten. In dit onderzoek is daarom gerekend met een worst-case scenario, waarbij de meest ruwe spoorligging is gehanteerd die leidt tot de grootste trillings- en laagfrequent geluidhinder. Een betere spoorligging, die bij embedded rail vrij eenvoudig kan worden gerealiseerd door nauwkeurig te bouwen onder strengere tolerantie-eisen, en door een strenger onderhoudsregime toe te passen, leidt tot aanzienlijk lagere trillingen.

Bronnen

- Asmussen 2011: *Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration*, RIVAS Deliverable D1.4, 12 januari 2011
- BTS 2012: *Beleidsregel Trillinghinder Spoor*, gepubliceerd in Staatscourant 2012, nr. 7532, 10 april 2012
- BTS 2014: *Beleidsregel Trillinghinder Spoor*, wijzigingen gepubliceerd in Staatscourant 2014, nr. 8251, 24 maart 2014
- CUR 2012: *Damwandconstructies, 6^e herziene druk*, CUR Bouw&Infra, 2012
- DIN 1999: *DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, teil 1, 2 en 3*, 1999
- Klaeboe 2003-1: *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models*, Applied Acoustics, 64, 89-109
- Klaeboe 2003-2: *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part III: towards a common methodology for socio-vibrational surveys*, Applied Acoustics, 64, 111-120
- Movares 2014-1: *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek ten behoeve van tracébesluit*, Movares, 2014
- Movares 2014-2: *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek ten behoeve van tracébesluit*, Movares, 2014
- Berg 1999: *'Stil geluid': laagfrequent geluid in woningen*, Natuurkundewinkel RuG, Groningen, 1999
- ProRail 2014: *Omschrijving systematiek doelmatigheidsafweging*, ProRail, 2014
- SBR 2002: *Meet- en beoordelingsrichtlijn*, Stichting BouwResearch, 2002
- Steinhauser 2010: *Erschütterungsbeurteilung nach ONORM S 9012 im Vergleich zur internationalen Normung, Lärmbekämpfung*, Bd. 5 Nr. 5, 206-212, 2010
- Woodcock 2012: *Human response to vibration from passenger and freight railway traffic in residential environments*, ICSV19, Vilnius, Lithuania, 8-12 juli 2012
- Zapfe 2009: *Groundborn Noise and Vibration in Buildings Caused by Rail Transit, Final report for Transit Cooperative Research Program (TCRP)*, D-12, 2009

Bijlage 1: Rekenmodel VibraDyna

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van VibraDyna, een door Movares ontwikkeld rekenmodel dat met behulp van een database en door de gebruiker geselecteerde specifieke gegevens de trillings- en laagfrequent geluidhinder berekend ten gevolge van rail- of wegverkeer, zie Figuur 1.



Figuur 1 VibraDyna screenshot

In VibraDyna kan zowel globaal, op basis van een database, als nauwkeurig, op basis van metingen en modelberekeningen, worden gerekend. In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van de nauwkeurige berekening op basis van metingen en modelberekeningen. VibraDyna rekent geografisch op basis van de ligging van gebouwen en het spoor.

Het model

VibraDyna is gebaseerd op de Barkanvergelijking, een empirische vergelijking die de prolongatie van trillingsgolven door de bodem beschrijft. Uit onderzoek blijkt dat deze empirische relatie goed bruikbaar is om de afname van trillingen met de afstand tot een trillingsbron te beschrijven, mits wordt gecorrigeerd voor een aantal effecten zoals bodemgelaagdheid.

In het model wordt gerekend met zogenaamde tertsbandspectra van trillingssignalen van treinen. Uit een groot aantal onderzoeken blijkt dat de tertsbandspectra van treinen, mits genormaliseerd voor snelheid, per treintype weinig variatie kennen. De beperkte variatie die er is wordt vooral veroorzaakt door de wielruwheid en aslast.

Ook een groot aantal andere invloeden is frequentieafhankelijk. Te denken valt aan de invloed van wissels, geometriewijzigingen, de eigenschappen van gebouwen of de damping van de bodem. Door deze invloeden frequentieafhankelijk in het model in te voeren, wordt de nauwkeurigheid van het trillingsmodel vergroot ten opzichte van het werken met scalaire grootheden.

Het model rekent zeer nauwkeurig de trillingssterkte op een bepaalde positie op maaiveld uit. Vanuit het trillingsspectrum op maaiveld wordt aan de hand van de gebouweigenschappen de trillingssterkte V_{max} , de trillingsintensiteit V_{per} en het laagfrequent geluidniveau LA_{max} bepaald in een elk gewenst gebouw. Resultaten kunnen worden gevisualiseerd in bijvoorbeeld een GIS-applicatie. De trillingssterkte V_{max} is een gewogen voortschrijdend gemiddelde, dat frequentieafhankelijk gecorrigeerd is en kan worden bepaald vanuit de V_{rms} -waarde. De V_{rms} -waarde kan worden bepaald uit het trillingsspectrum door energetisch te sommeren over de frequenties, na het toepassen van de correctiefactor uit de SBR B-richtlijn:

$$v_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^N F_c(f) \cdot v_i(f)^2}$$

Hierbij is $v_i(f)$ het trillingsspectrum en $F_c(f)$ de correctiefactor uit de SBR B-richtlijn. De waarde van V_{rms} kan vervolgens nog niet één op één vertaald worden naar de waarde van V_{max} . De omrekening vindt daarom plaats via een statistische verdeling die uit een groot aantal metingen is bepaald.

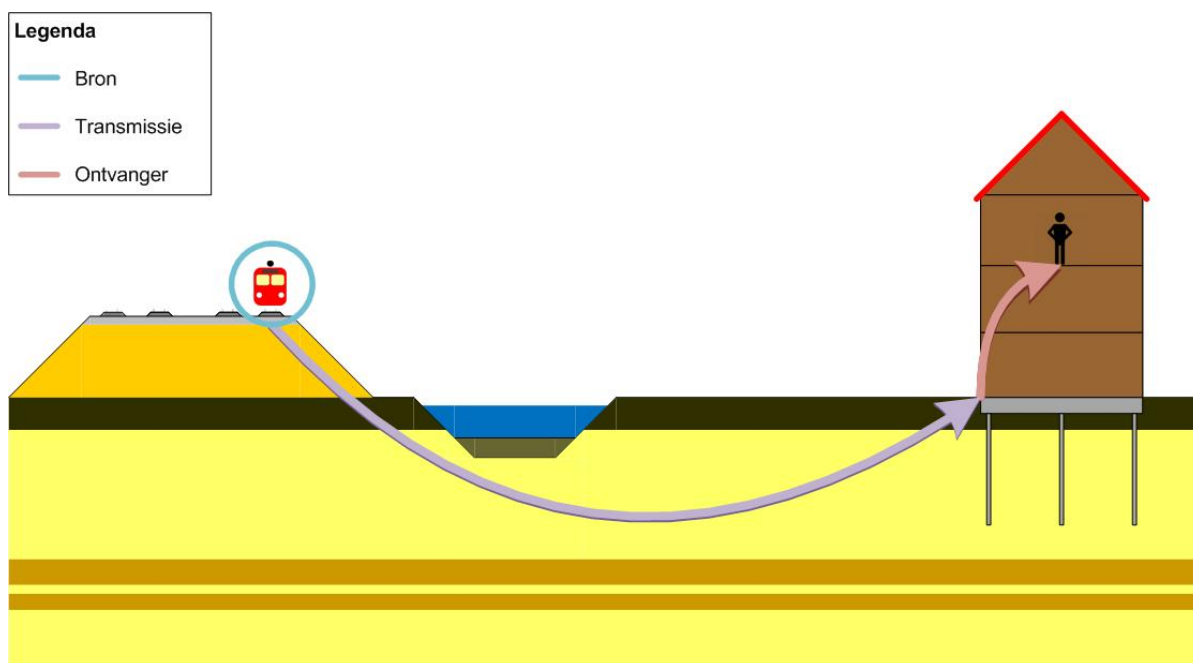
Invoerparameters

In de overdracht van trillingen van bron naar ontvanger onderscheid gemaakt tussen de bron, de transmissie (of overdracht) en de ontvanger. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede van een gebied langs het spoor is weergegeven in Figuur 2. Bron, transmissie en ontvanger zijn daarin aangegeven.

Per categorie (bron, transmissie en ontvanger) is in de modelberekening een aantal parameters gedefinieerd:

1. Trillingsbron. Hierbij is voertuigtype, voertuigsneldheid, voertuigaantallen, bovenbouwtype (ingegoten spoor, spoor in ballast, etc.), wissels en kunstwerken gedefinieerd;
2. Transmissie. Hierbij is het bodemtype (bodemopbouw, bepaald uit sonderingen en maaiveldmetingen), de uitdamping van trillingen in de bodem met de afstand, de geometrische uitbreiding van trillingen met de afstand en obstakels in de bodem (zoals een sloot of damwand) gedefinieerd;
3. Ontvanger. Bij het gebouw zijn de gebouwfmetingen, zoals gebouwhoogte, maximale vloeroverspanning en afmetingen van het grondvlak gedefinieerd, alsmede het type fundering (op palen of op staal), de leeftijd van het gebouw en de bouwstijl.

Een aantal van deze parameters is opgenomen in het model vanuit eerdere onderzoeken. De projectspecifieke parameters, worden in Bijlage 2 tot en met 4 beschreven. De bodemeigenschappen en de trillingssterkte van de NS-sprinters worden toegelicht in Bijlage 2, de correctiefactor voor voertuigtype om de NS-sprinters om te rekenen naar metrovoertuigen wordt toegelicht in Bijlage 3 en de correctiefactor voor bovenbouwconstructie in Bijlage 4.



Figuur 2 Transmissie van trillingen

Modelonzekerheden

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van trillingsmodellen in plaats van metingen in gebouwen. Het gebruik van trillingsmodellen in plaats van het uitvoeren van metingen heeft een aantal voordelen:

- Het maakt het mogelijk om sneller een goede prognose te geven van de trillings- en laagfrequent geluid situatie in een gebouw;
- Het maakt het mogelijk om een groter aantal verschillende locaties te beschouwen. Het uitvoeren van metingen op een groot aantal locaties is zowel tijdrovend als kostbaar en kan bij het gebruik van een trillingsmodel achterwege blijven.

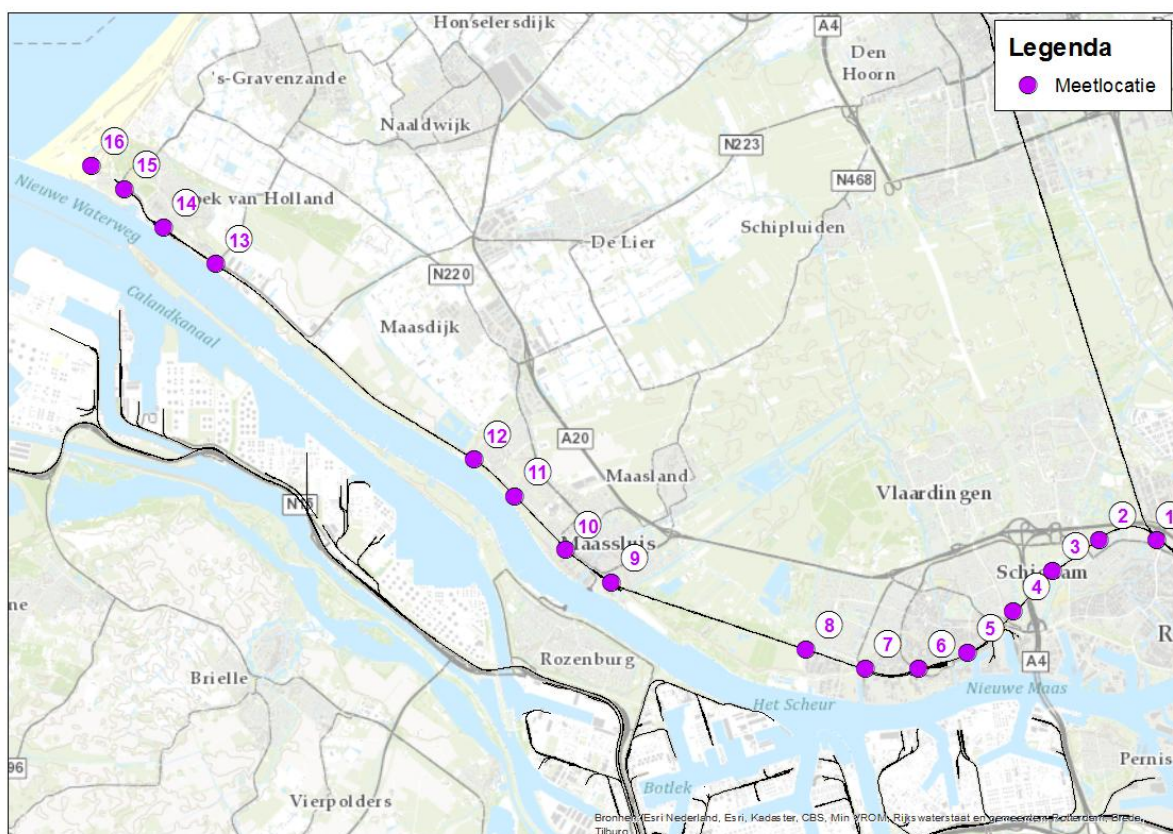
Nadeel van het gebruik van modellen is dat een model slechts een *benadering* van de werkelijkheid is. De onzekerheid van het model wordt veroorzaakt door een aantal parameters:

1. Onzekerheid in de gebruikte parameters. Voorbeeld hiervan is de variatie van bijvoorbeeld de bodemdemping langs het tracé. De variatie in parameters is met behulp van modellen en berekeningen in kaart gebracht door voor elke parameter een gemiddelde, 95-procent bovengrens en probabilistische verdeling te definiëren. Met behulp van Monte Carlo-simulatie is vervolgens de propagatie van deze onzekerheden door het model bepaald. Hierbij wordt voor elk gebouw 500-maal een parameter variatie uitgevoerd, zodat een set resulteert met 500 berekeningen voor de trillings- en laagfrequent geluidssituatie in een gebouw. De spreiding van deze resultaten geeft een indicatie van de onzekerheid in het model;
2. Onzekerheid in de betrouwbaarheid van het model. De betrouwbaarheid van het model is uitvoerig geverifieerd in eerdere onderzoeken met behulp van metingen in gebouwen. Uit deze verificatiemetingen volgt dat het gebruikte model een hoge betrouwbaarheid heeft, zie onder meer de trillingsonderzoeken ten behoeve van de tracébesluiten *Sporen in Arnhem* [Movares 2014-1] en *Sporen in Utrecht* [Movares 2014-2].

Om zorg te dragen voor zo betrouwbaar mogelijke resultaten, vindt de beoordeling van trillingshinder en laagfrequent geluidshinder plaats op basis van een statistisch bepaalde bovengrens van 95 procent. Dit betekent dat er in werkelijkheid een kans is van 5 procent dat in een gebouw toch een hogere trillingssterkte, trillingsintensiteit of laagfrequent geluidniveau optreedt dan het model aangeeft. Deze kans is, vanuit de bestaande jurisprudentie, acceptabel.

Bijlage 2: Resultaten maaiveldmetingen

In het kader van dit project zijn, verdeeld langs het tracé, op 16 locaties maaiveldmetingen uitgevoerd om de bodemeigenschappen en de bronsterkte van de treinen vast te stellen. Een overzichtskaart met de meetlocaties is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Meetlocaties voor maaiveldmetingen

De lijst met locaties is opgenomen in Tabel 1. Indien van toepassing is een toelichting op enkele bijzonderheden opgenomen.

Tabel 1 Locaties maaiveldmetingen

Nr.	Locatie	Bijzonderheden
1	Schiedam – Louis Raemaekersstraat	Meting aan huidige metrovoertuigen op viaduct, geen correctie voor voertuigtype
2	Schiedam – Johan de Wittsingel	Sloot tussen meetlocatie en spoor
3	Schiedam – Sportcomplex Rijnmond	Sloot tussen meetlocatie en spoor
4	Vlaardingen – Hargapad	Sloot tussen meetlocatie en spoor
5	Vlaardingen – Spoorsingel	
6	Vlaardingen – Parallelweg	
7	Vlaardingen – Industrieweg	
8	Vlaardingen – Van Boendaleweg	Sloot tussen meetlocatie en spoor

9	Maassluis – Prinses Beatrixlaan	
10	Maassluis – Lichtboei	Lokale oneffenheden in het spoor zorgen voor hogere trillingen
11	Maassluis – Merellaan	Lokale oneffenheden in het spoor zorgen voor hogere trillingen
12	Maassluis – Dr. Albert Schweitzerstraat	
13	Hoek van Holland – Haakweg	
14	Hoek van Holland – Prins Hendrikstraat	
15	Hoek van Holland – Stationsweg	Ook een valproef uitgevoerd
16	Hoek van Holland - Strandboulevard	Nog geen treinen in huidige situatie, trillingsspectrum is vastgesteld m.b.v. valproef en maaiveldmeting van locatie 2

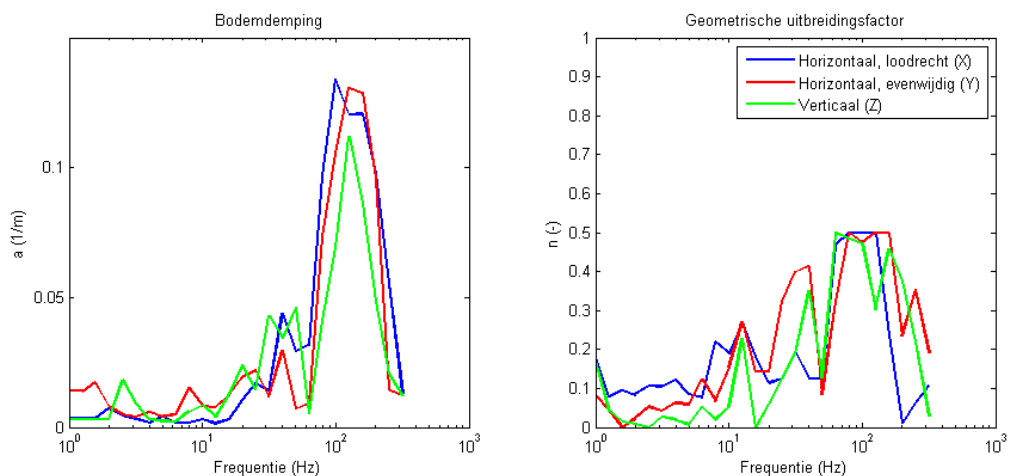
Per locatie zijn drie parameters bepaald:

1. De uitdemping van de bodem, frequentieafhankelijk. Deze parameter wordt gebruikt in de Barkan-vergelijking, waarmee de uitdemping van de trillingen met de afstand tot de trillingsbron wordt beschreven;
2. De geometrische uitbreidingsfactor van de trillingen met de afstand. Ook deze factor wordt gebruikt in de Barkan-vergelijking;
3. Het trillingsspectrum van de treinen tijdens de huidige exploitatie. In het rekenmodel *VibraDyna* wordt vervolgens het trillingsspectrum voor de toekomstige situatie bepaald door te corrigeren voor snelheidsverschillen (er bestaat een exponentieel verband tussen rijsnelheid en trillingssterkte), voertuigtype (zie Bijlage 3) en ander type spoorconstructie (zie Bijlage 4). Van het trillingsspectrum wordt zowel de mediaan (middelste waarde) als het 95 procent betrouwbaarheidsinterval getoond.

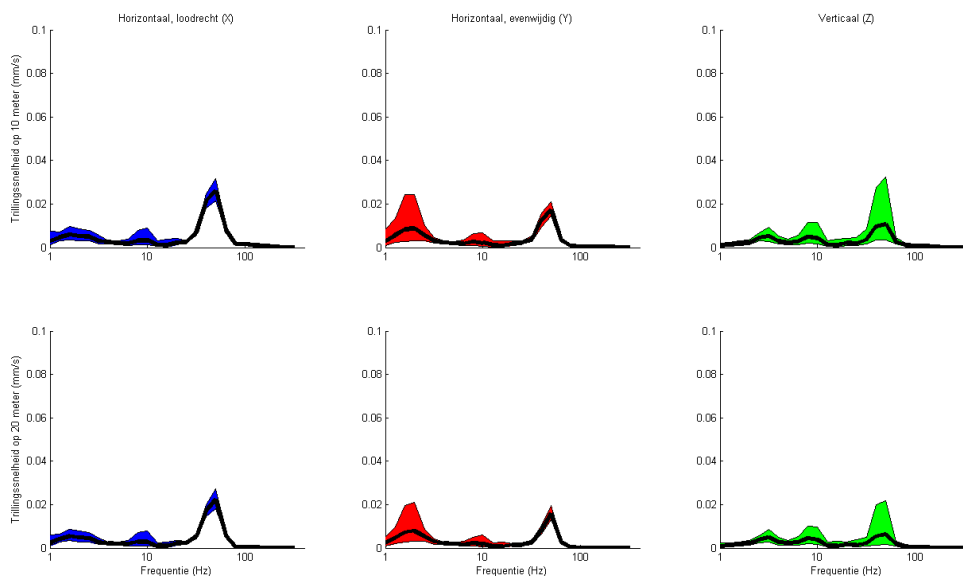
In de volgende subparagrafen wordt voor elke meetlocatie de uitdemping van de bodem, de geometrische uitbreidingsfactor en het trillingsspectrum van de NS-sprinters getoond op een afstand van 10 en 20 meter tot het spoor. Alle resultaten zijn op maaiveld bepaald, in het model wordt de vertaalslag naar de situatie in gebouwen gemaakt aan de hand van de gebouweigenschappen.

Meetlocatie 1 – Schiedam, Louis Raemaekerstraat

Op deze locatie is een meting aan metro's uitgevoerd in plaats van aan treinen. De gemeten metro's zijn van het type RSG3, hetzelfde materieel als het toekomstige materieel op de Hoekse Lijn. Voor deze locatie is daarom voor de eindsituatie geen correctie uitgevoerd voor voertuigtype. De rijsnelheid van de metro's in de huidige situatie op deze locatie is 30 tot 40 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 2, de trillingsspectra van de metro's in Figuur 3. De hoge piek in het spectrum rond 50 Hz wordt veroorzaakt door een groot aantal wissels op deze locatie.



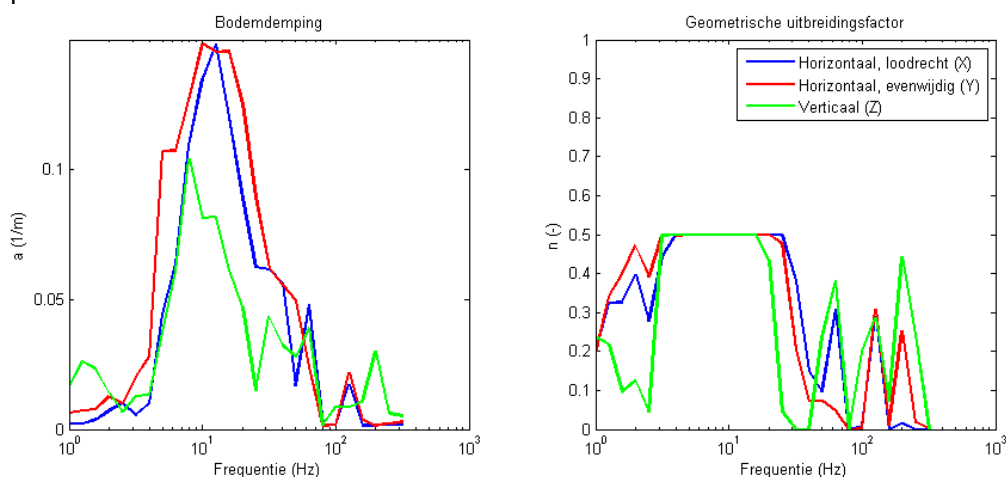
Figuur 2 Bodemeigenschappen



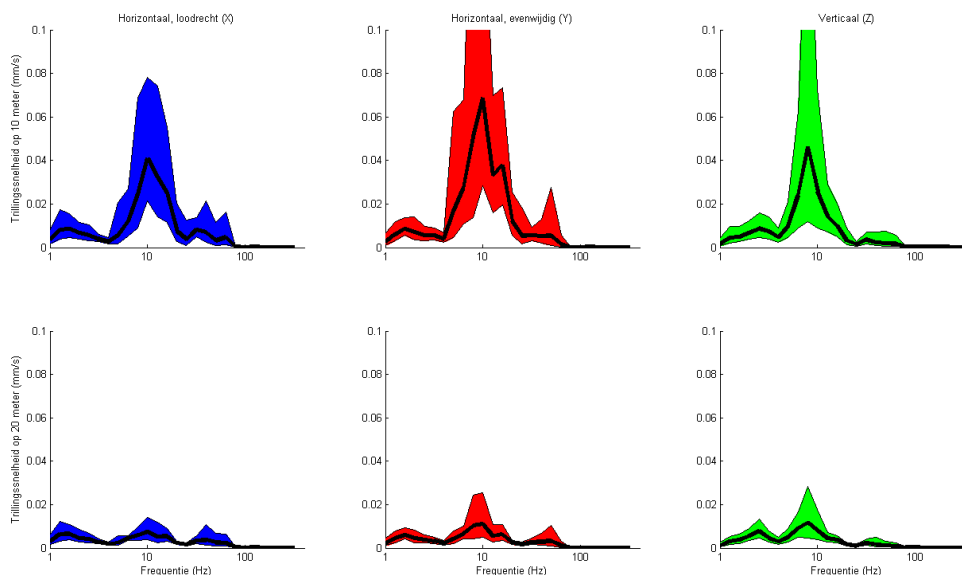
Figuur 3 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 2 – Schiedam, Johan de Wittsingel

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 40 tot 50 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 4, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 5. De bodem is zeer slap op deze locatie en heeft een hoge mate van demping. Verder valt vanuit de metingen vooral het effect van de sloot en de gelaagdheid van de bodem op. In het model wordt daarom voor deze gelaagdheid gecorrigeerd. Deze gelaagdheid leidt ertoe dat op sommige locaties vrij hoge trillingsspectra worden gemeten (zie de resultaten op 10 meter afstand tot het spoor), terwijl de resultaten verder weg fors lagere trillingsspectra geven (zie de resultaten op 20 meter afstand tot het spoor). De sloot op deze locatie heeft vooral hoogfrequent een reducerend effect op de gemeten trillingsspectra.



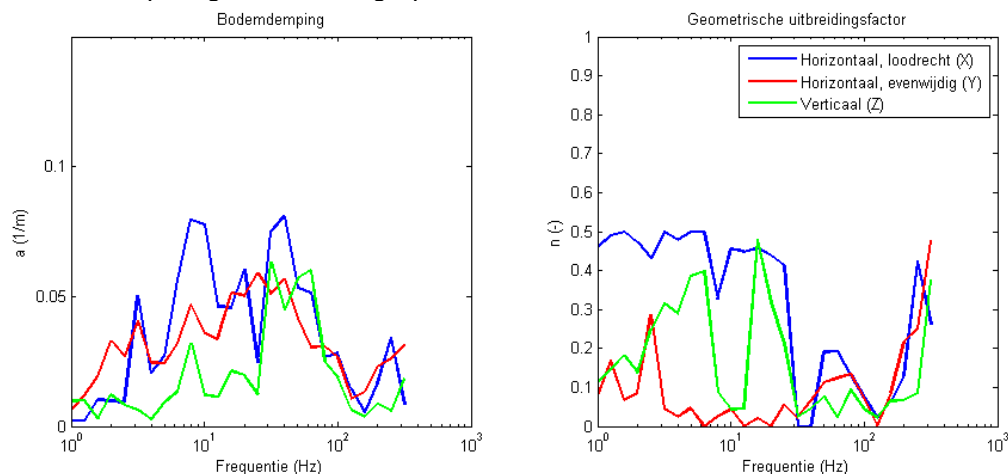
Figuur 4 Bodemeigenschappen



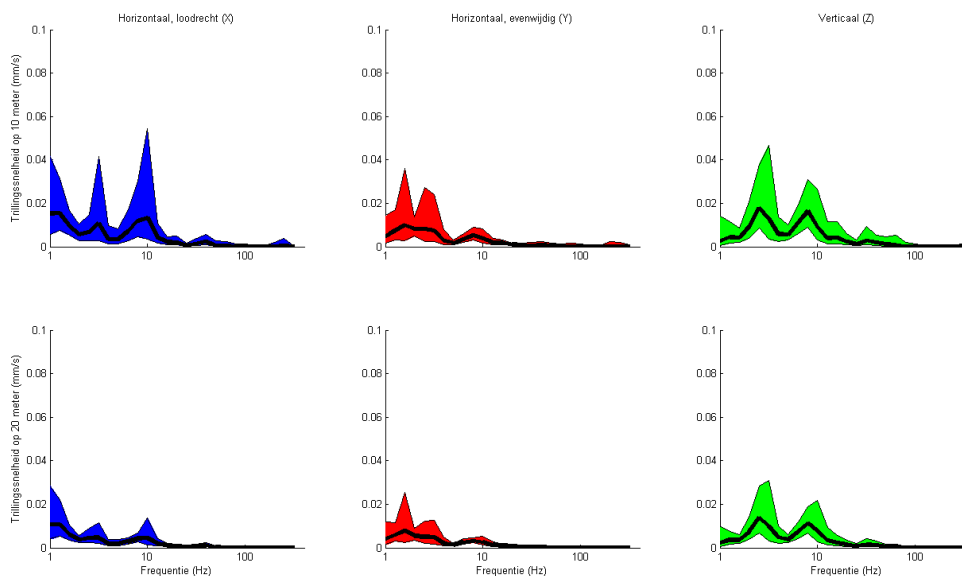
Figuur 5 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 3 – Schiedam, Sportcomplex Rijnmond

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 55 tot 85 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 6, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 7. De bodem is hier zeer slap, en kent een hoge demping waardoor de trillingen op 20 meter afstand al vrijwel nihil zijn. De sloot tussen het spoor en de meetlocatie heeft vooral hoogfrequent een reducerend effect op de gemeten trillingsspectra.



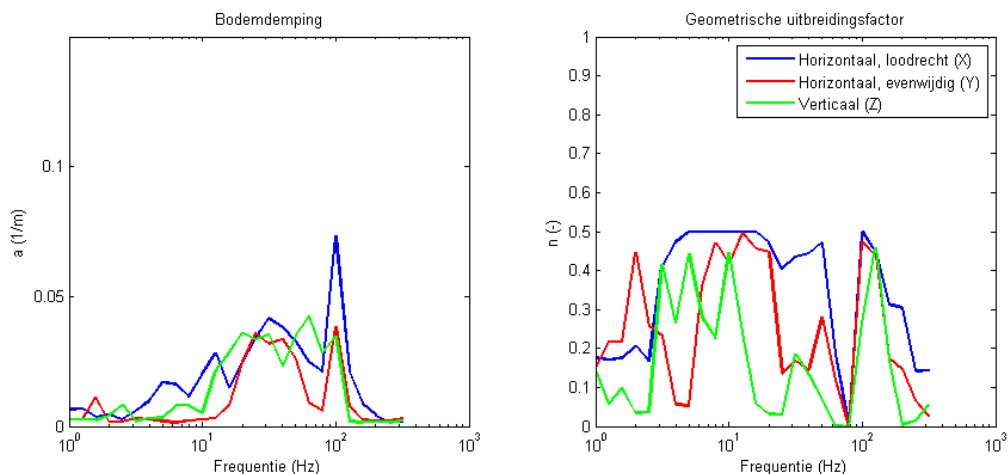
Figuur 6 Bodemeigenschappen



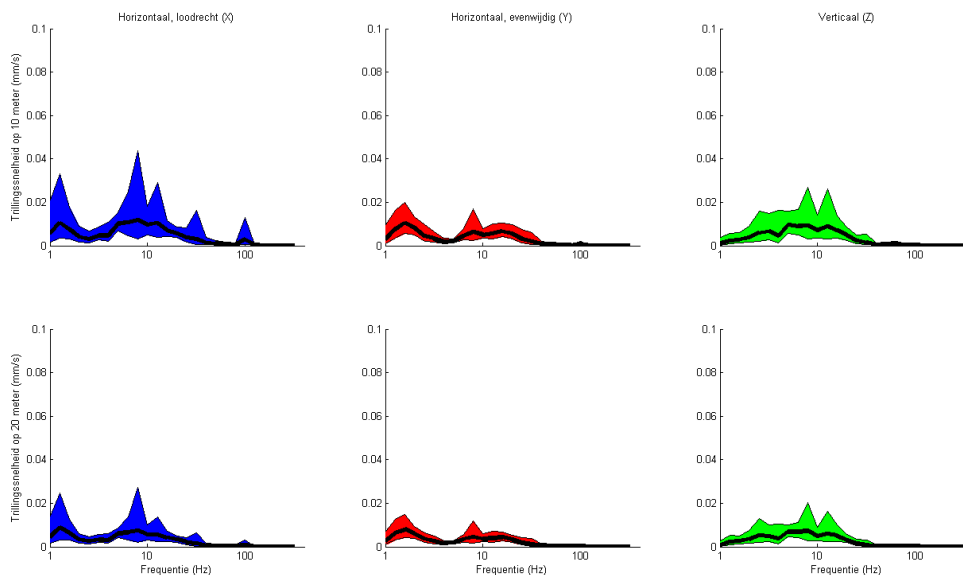
Figuur 7 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 4 – Vlaardingen, Hargapad

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 40 tot 50 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 8, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 9. De bodemdamping is hier lokaal wat lager dan op de meeste andere locaties in Vlaardingen. Uit de metingen en sonderingen blijkt dat de bodem vooral in Vlaardingen vrij fors varieert van zeer slap tot matig slap. Dat leidt tot een grote variatie in trillingsspectra en bodemeigenschappen. Er ligt een sloot tussen de meetlocatie en het spoor, deze zorgt vooral hoogfrequent voor een reductie van de trillingen. De meetlocatie bevindt zich dichtbij station Vlaardingen Oost.



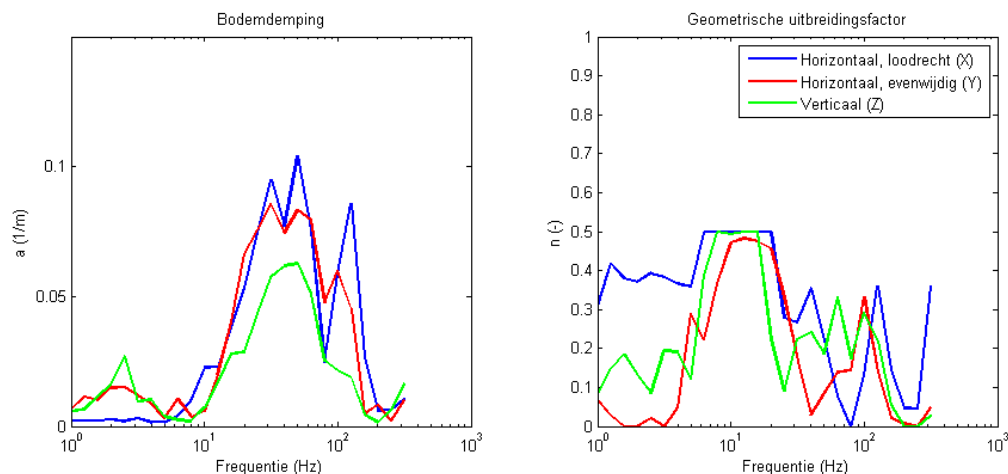
Figuur 8 Bodemeigenschappen



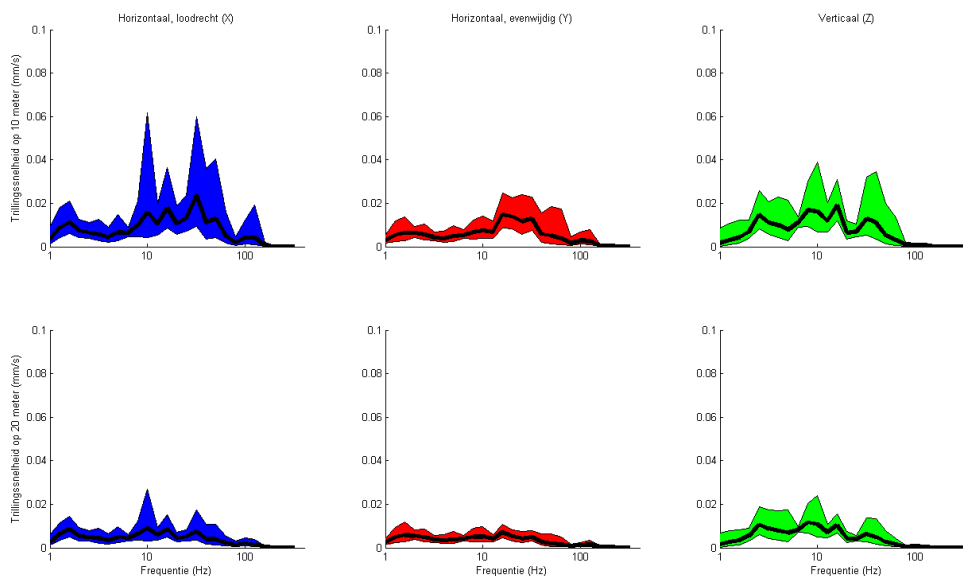
Figuur 9 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 5 – Vlaardingen, Spoorsingel

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 55 tot 75 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 10, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 11. De bodem is erg slap op deze locatie en kent een hoge mate van demping. De trillingsspectra op deze locatie zijn laag, en vergelijkbaar met de overige locaties in Vlaardingen.



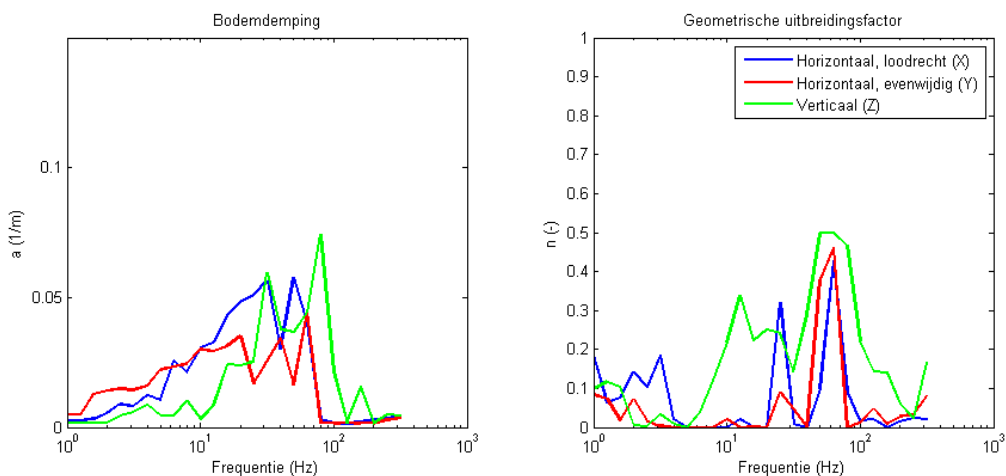
Figuur 10 Bodemeigenschappen



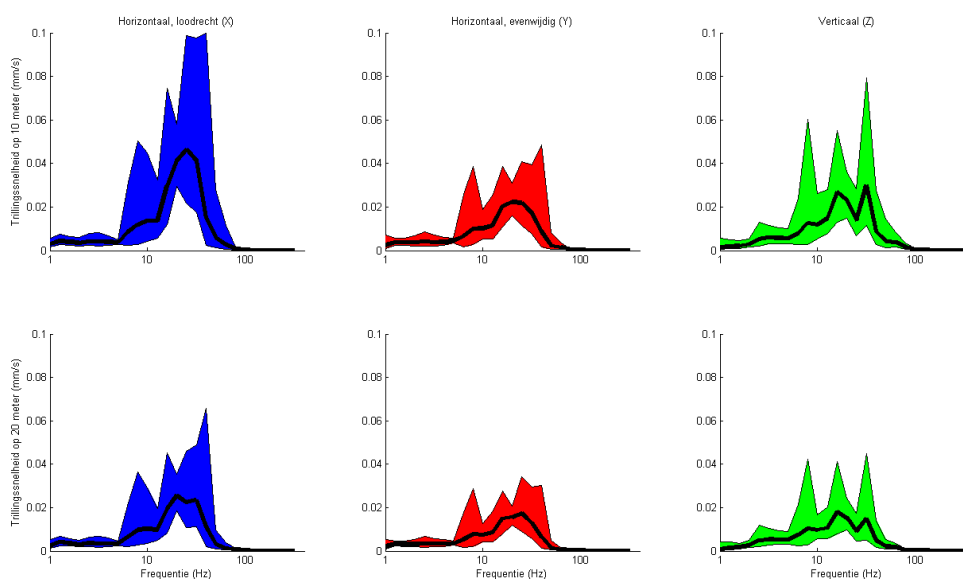
Figuur 11 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 6 – Vlaardingen, Parallelweg

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 40 tot 70 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 12, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 13. De bodemdamping is hier lager dan op de overige locaties in Vlaardingen. Ook het trillingsspectrum op 10 en 20 meter tot het spoor is hoger dan op de overige locaties in Vlaardingen, vooral in horizontale richting, loodrecht op het spoor. Het hoge trillingsspectrum in deze richting wordt mede veroorzaakt door oneffenheden in het spoor.



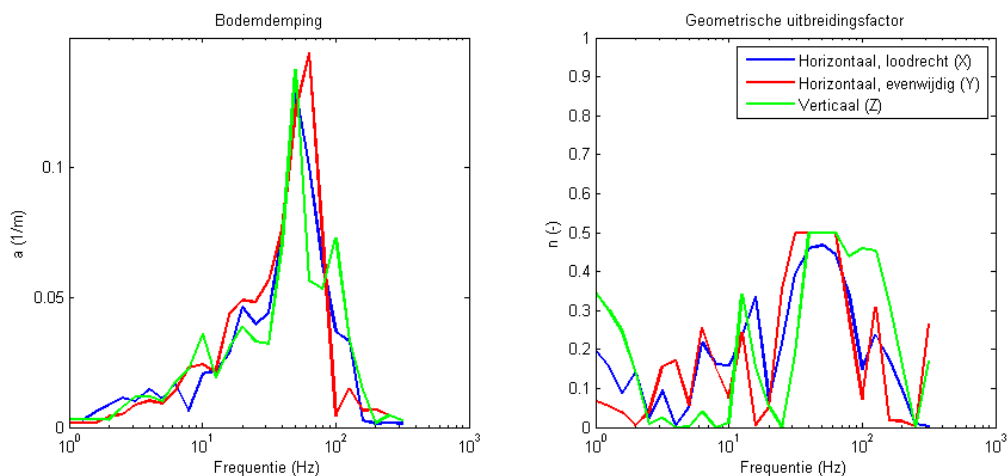
Figuur 12 Bodemeigenschappen



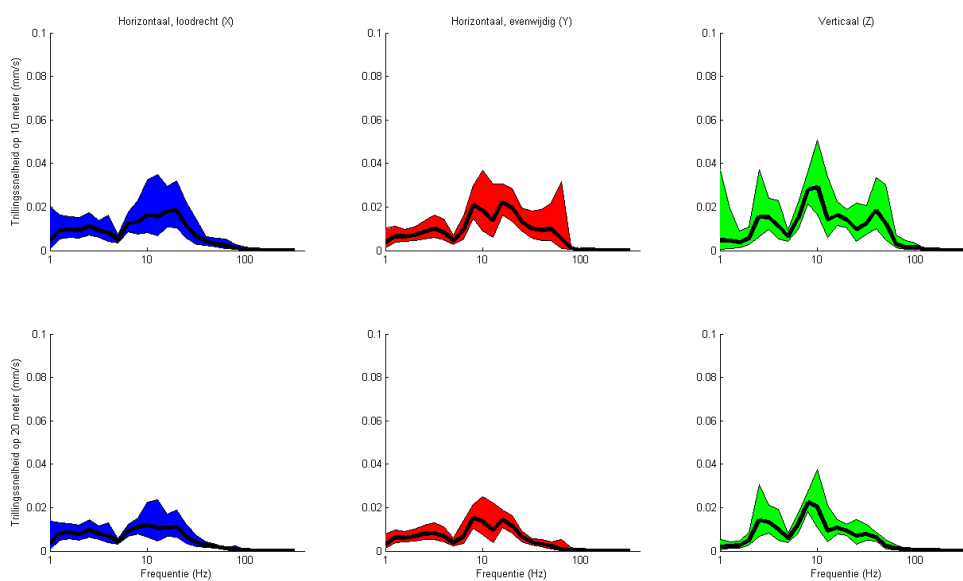
Figuur 13 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 7 – Vlaardingen, Industrieweg

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 70 tot 90 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 14, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 15. Deze locatie kenmerkt zich door een hoge bodemdamping en lage trillingsspectra.



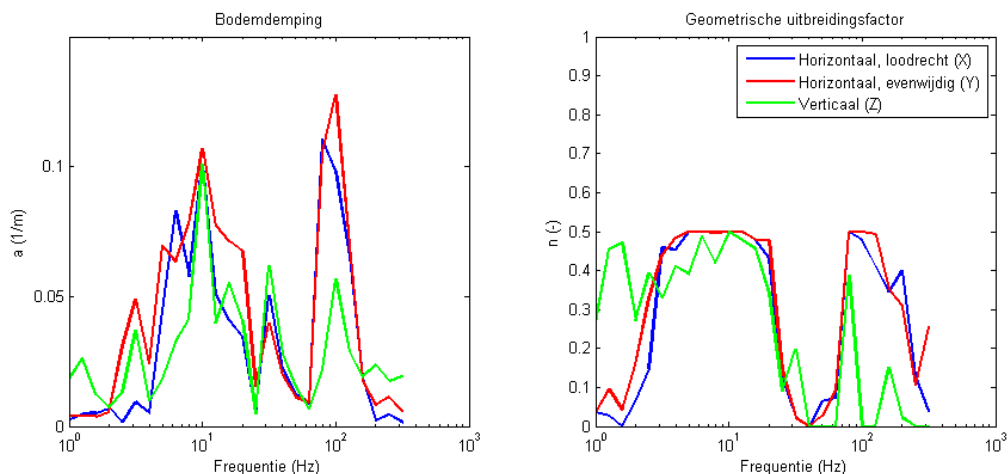
Figuur 14 Bodemeigenschappen



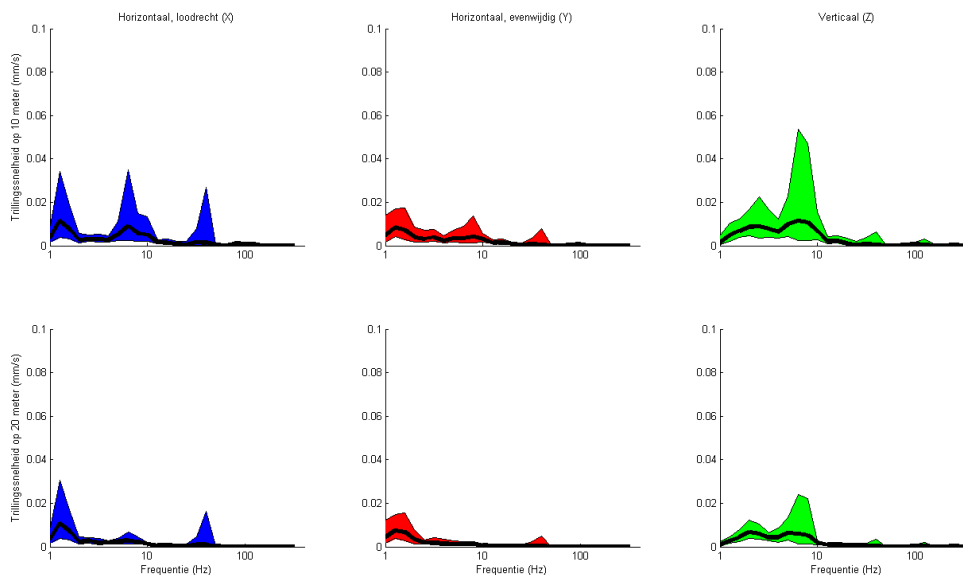
Figuur 15 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 8 – Vlaardingen, Van Boendaleweg

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 60 tot 90 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 16, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 17. De bodem in Vlaardingen is slap en kent een hoge demping. Tussen het spoor en de meetlocatie bevindt zich een sloot, die voornamelijk hoogfrequent de trillingen dempt. Daarnaast zorgt de sloot voor secundaire effecten zoals reflectie van trillingsgolven tussen bodemlagen. Daarom is het trillingsmodel op deze locatie gecorrigeerd voor bodemgelaagdheid, om de betrouwbaarheid van de predictie te vergroten, ook op grote afstand tot het spoor.



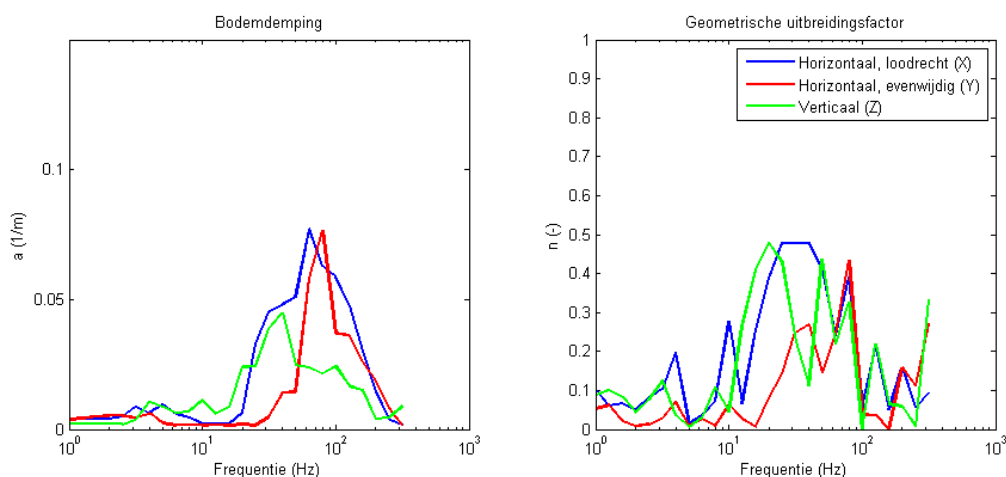
Figuur 16 Bodemeigenschappen



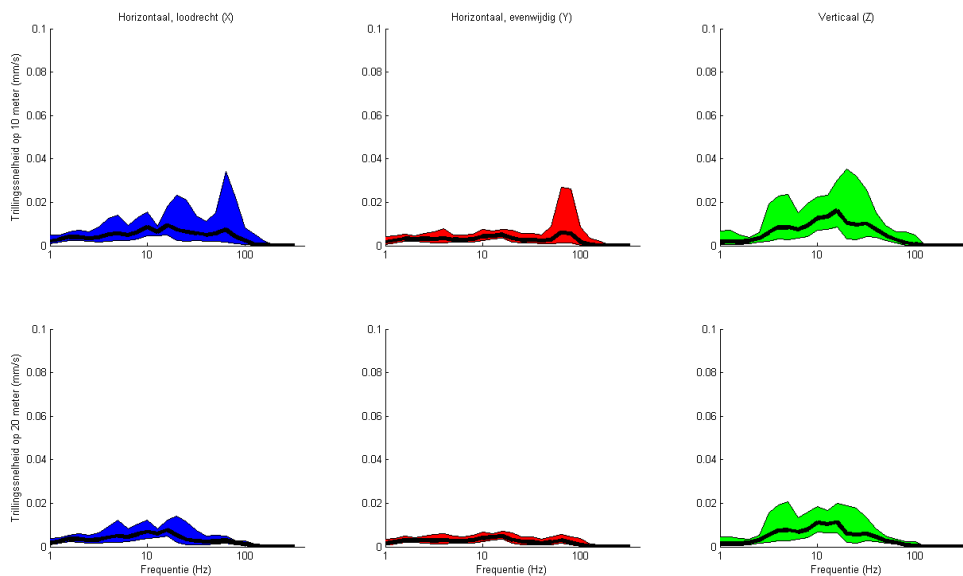
Figuur 17 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 9 – Maassluis, Prinses Beatrixlaan

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 40 tot 55 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 18, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 19. De bodem is hier lokaal iets minder slap dan op de overige locaties in Maassluis. Dat is ook terug te zien in de bodemdamping, die hier wat lager is dan op de andere locaties in Maassluis. De lage trillingssignalen worden onder meer veroorzaakt door de lage rijnsnelheid van de treinen.



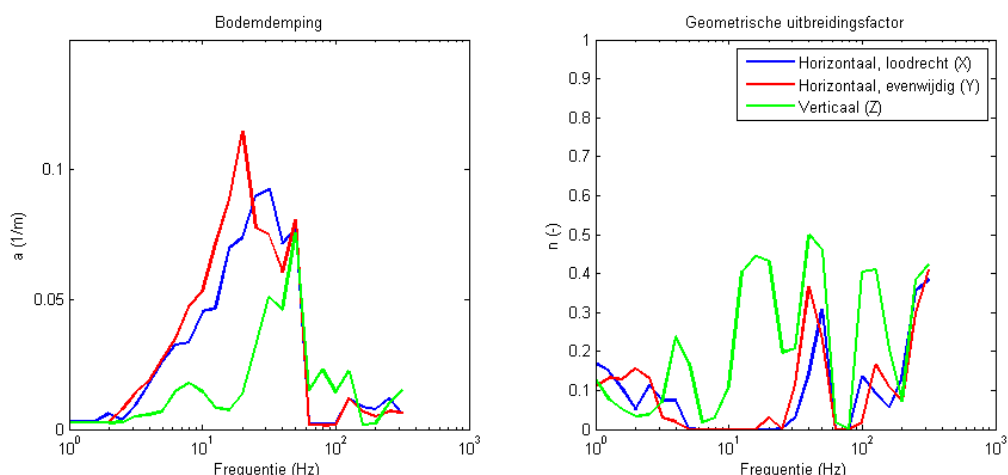
Figuur 18 Bodemeigenschappen



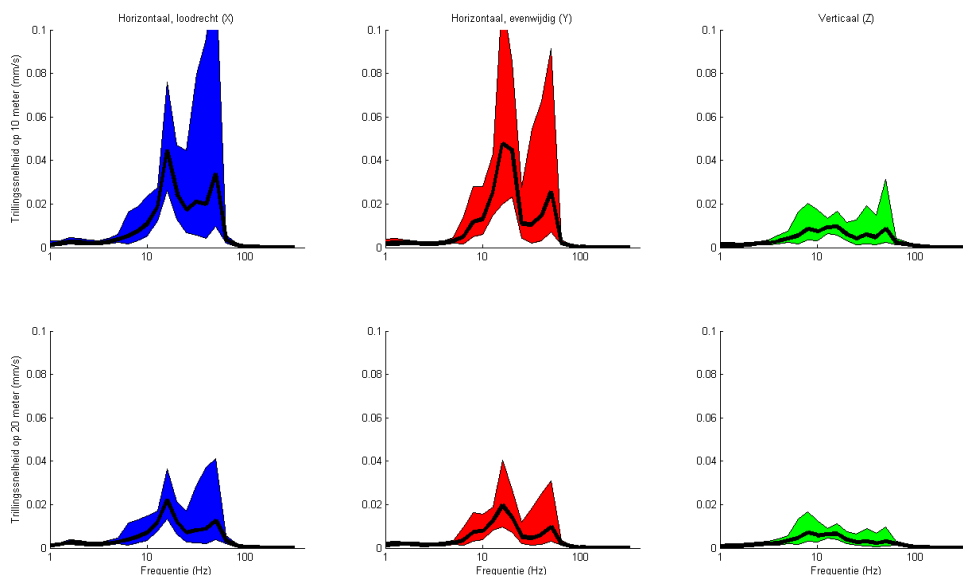
Figuur 19 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 10 – Maassluis, Lichtboei

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 60 tot 105 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 20, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 21. Ook deze locatie kenmerkt zich door een slappe bodem met een hoge damping. Ook op deze locatie vallen de hoge trillingsspectra op, evenals bij locatie 6 vooral in beide horizontale richtingen. Door de hoge damping van de bodem nemen de trillingen wel snel af met de afstand tot het spoor. Ook bij de Lichtboei is een sterk verschil gemeten tussen de verschillende sporen, ook hier wordt dit effect mogelijk veroorzaakt door een lokale oneffenheid in het spoor die vooral in horizontale richting de trillingen beïnvloedt.



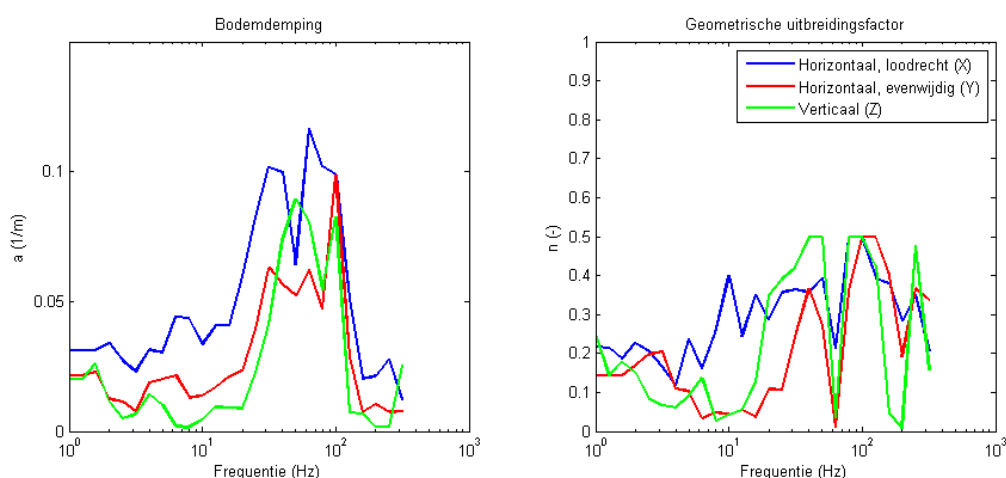
Figuur 20 Bodemeigenschappen



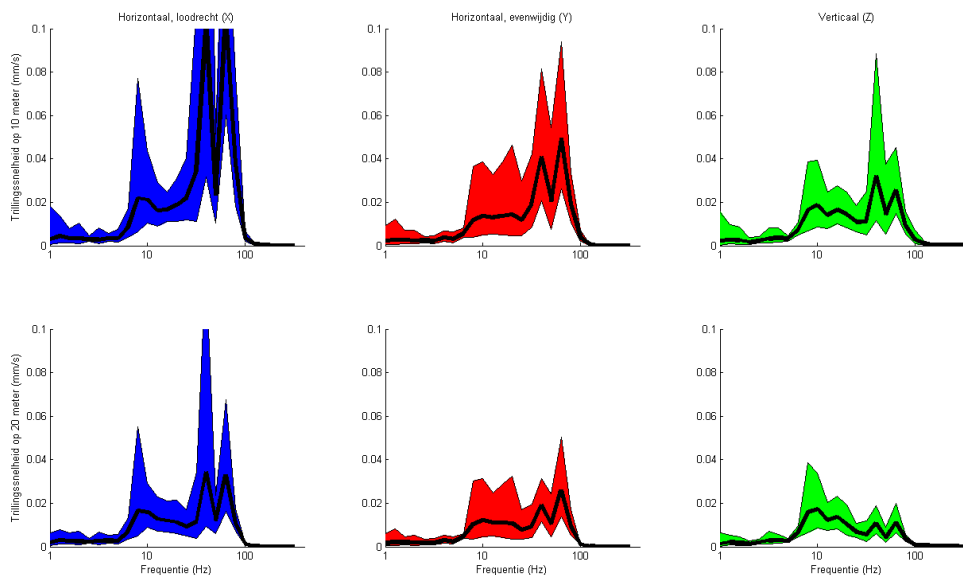
Figuur 21 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 11 – Maassluis, Merellaan

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 70 tot 100 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 22, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 23. De bodemdemping op deze locatie is hoog. Dichtbij het spoor, op 10 meter afstand, is de trillingssterkte vrij hoog, maar op een afstand van 20 meter tot het spoor is het spectrum al fors gereduceerd door de hoge bodemdemping, in combinatie met de hoge geometrische uitbreiding. Trillingen zullen hier vooral dichtbij het spoor groter zijn. Op deze locatie is een groot verschil gemeten tussen de twee sporen, vooral bij frequenties tussen de 40 en 80 Hz, in beide horizontale richtingen. Mogelijk wordt dit effect veroorzaakt door een lokale oneffenheid in het spoor die vooral in horizontale richting de trillingen beïnvloedt. Dergelijke oneffenheden treden vaker op bij sporen op een relatief slappe bodem.



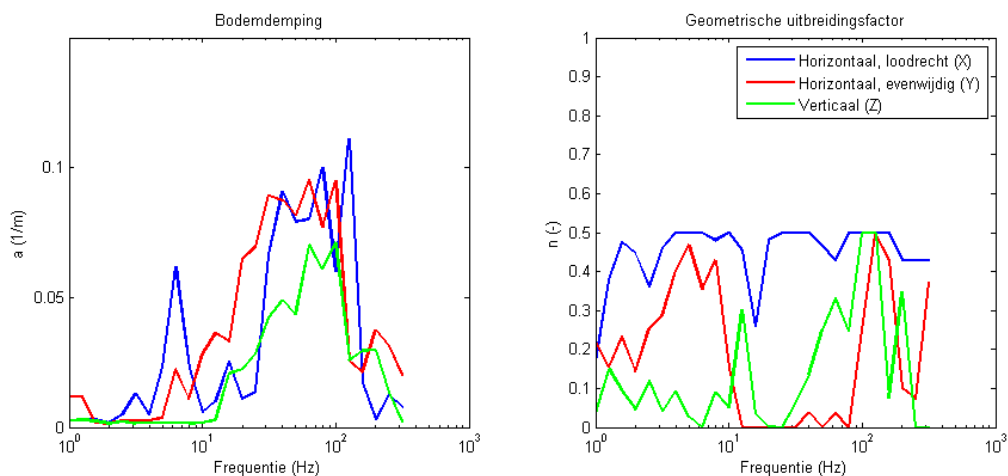
Figuur 22 Bodemeigenschappen



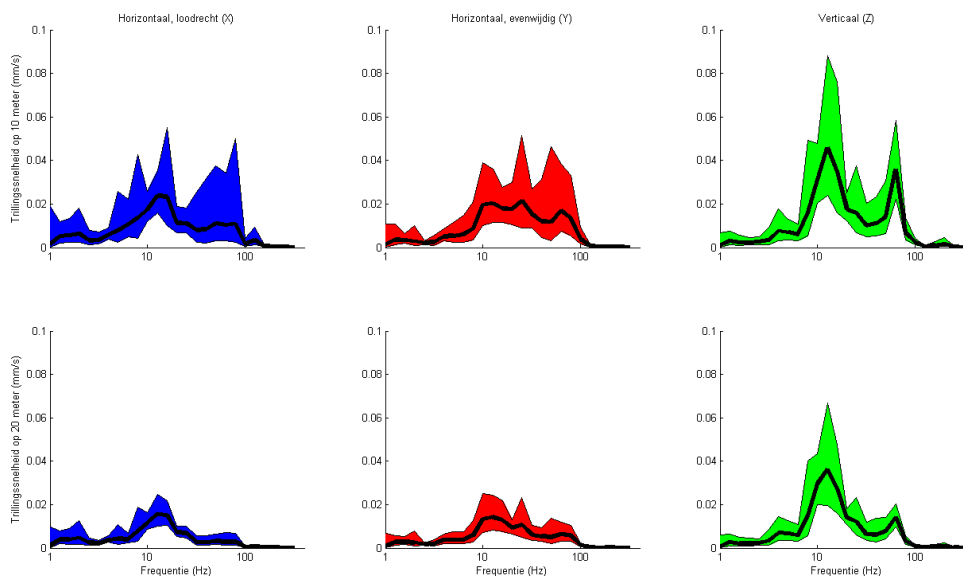
Figuur 23 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 12 – Maassluis, Dr. Albert Schweitzerstraat

De rij snelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 100 tot 120 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 24, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 25. Tussen locatie 4, in Hoek van Holland, en locatie 5, in Maassluis, zit een grote afstand. De bodemopbouw verandert sterk tussen deze twee locaties. Dat is ook duidelijk zichtbaar in de meetresultaten. De bodemdemping is hier aanzienlijk hoger dan in Hoek van Holland, hierdoor zijn de trillingssterktes vooral op grotere afstand van het spoor lager.



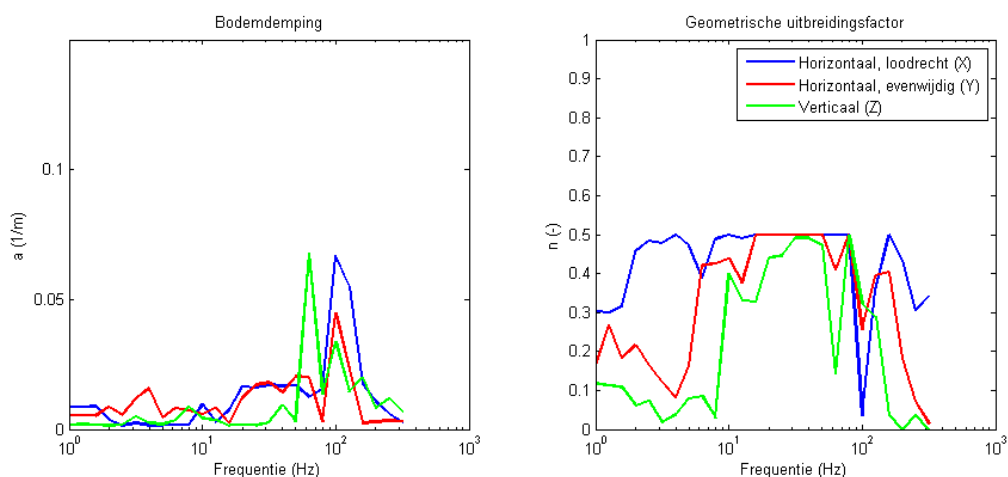
Figuur 24 Bodemeigenschappen



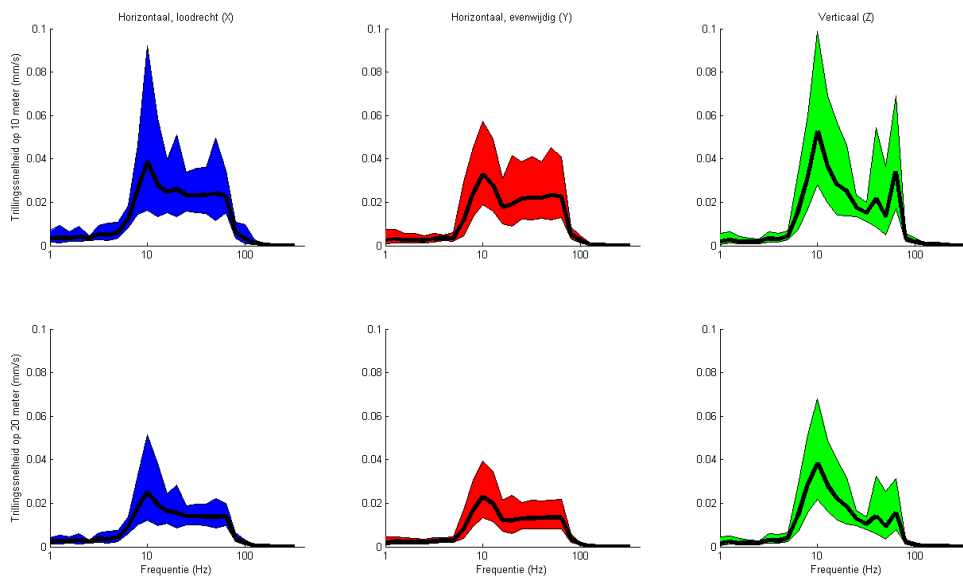
Figuur 25 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 13 – Hoek van Holland, Haakweg

De rij snelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 85 tot 100 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 26, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 27. De bodem is hier weer iets stijver dan bij de Prins Hendrikkade, ook de demping is hier wat lager. De vorm van het trillingsspectrum verandert licht en lijkt weer meer op het spectrum op de locaties dichtbij zee.



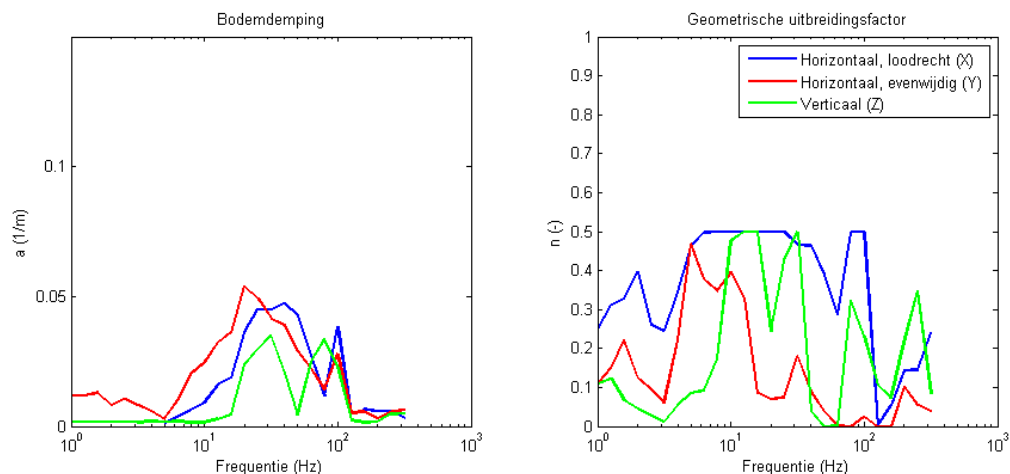
Figuur 26 Bodemeigenschappen



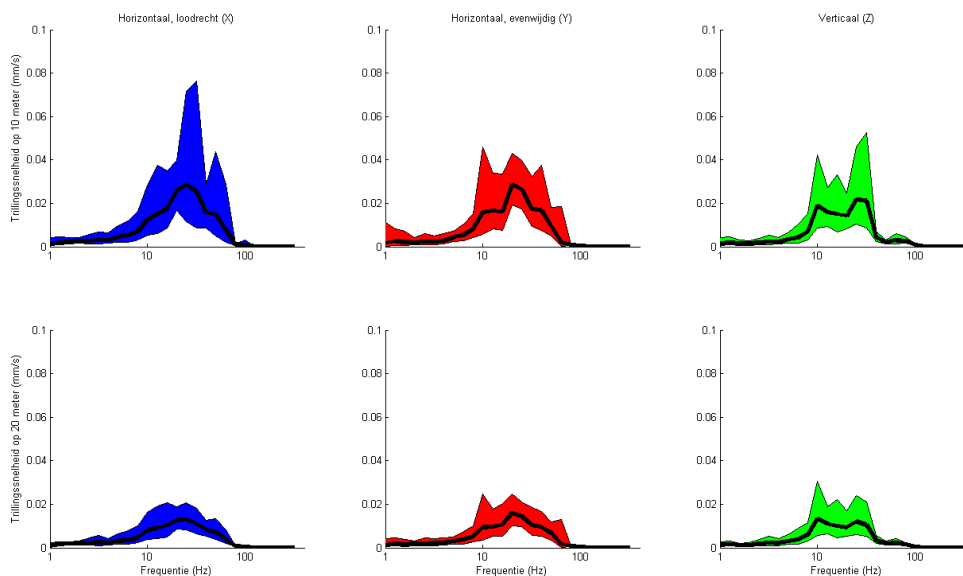
Figuur 27 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 14 – Hoek van Holland, Prins Hendrikstraat

De rij snelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 40 tot 55 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 28, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 29. De demping van de bodem neemt toe ten opzichte van de locaties meer richting het strand. Zeker op afstanden van 20 meter en verder van het spoor zullen de trillingen hier lager zijn dan dicht bij zee.



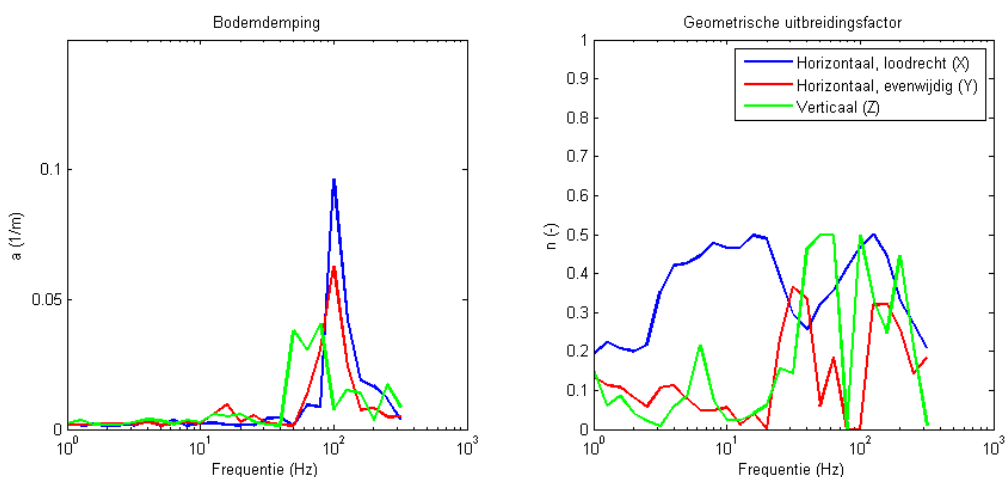
Figuur 28 Bodemeigenschappen



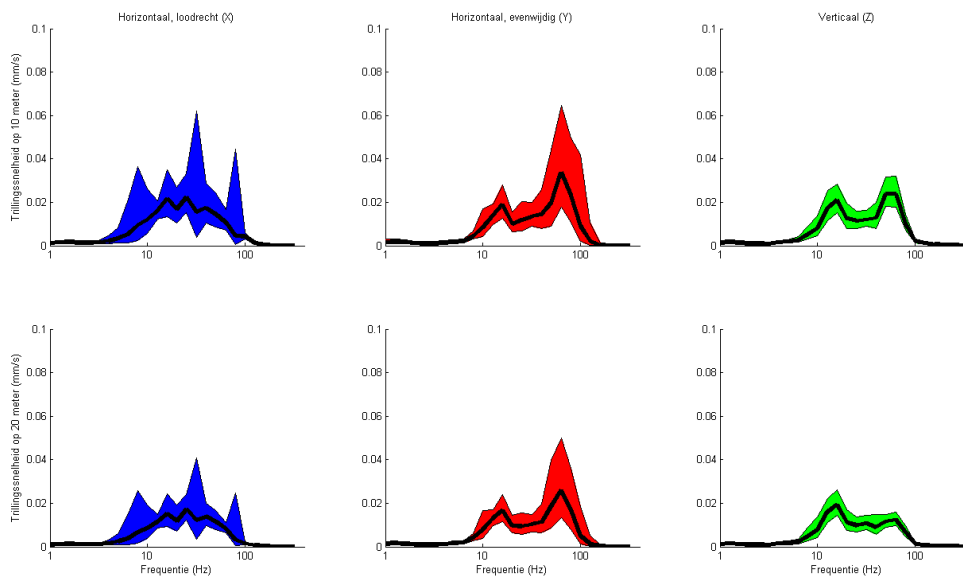
Figuur 29 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

Meetlocatie 15 – Hoek van Holland, Hoek van Holland Stationsweg

De rijnsnelheid van de treinen in de huidige situatie op deze locatie is 30 tot 40 km/h. De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 30, de trillingsspectra van de treinen in Figuur 31. De demping van de bodem is op deze locatie nog steeds erg laag, maar wel iets hoger dan bij de Strandboulevard. Ook valt op dat het trillingsspectrum van de treinen hier al iets lager is dan aan de Strandboulevard. De trillingen zullen hier in woningen dus ook lager zijn dan bij de Strandboulevard.



Figuur 30 Bodemeigenschappen

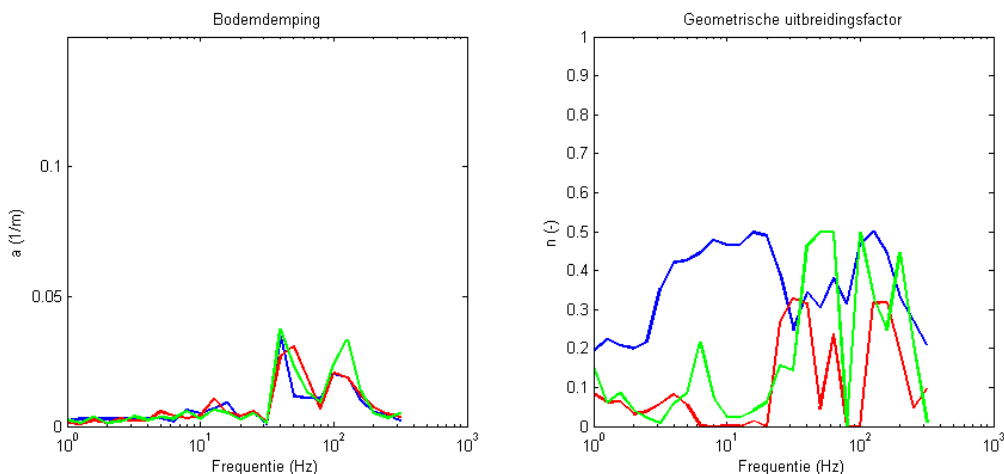


Figuur 31 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

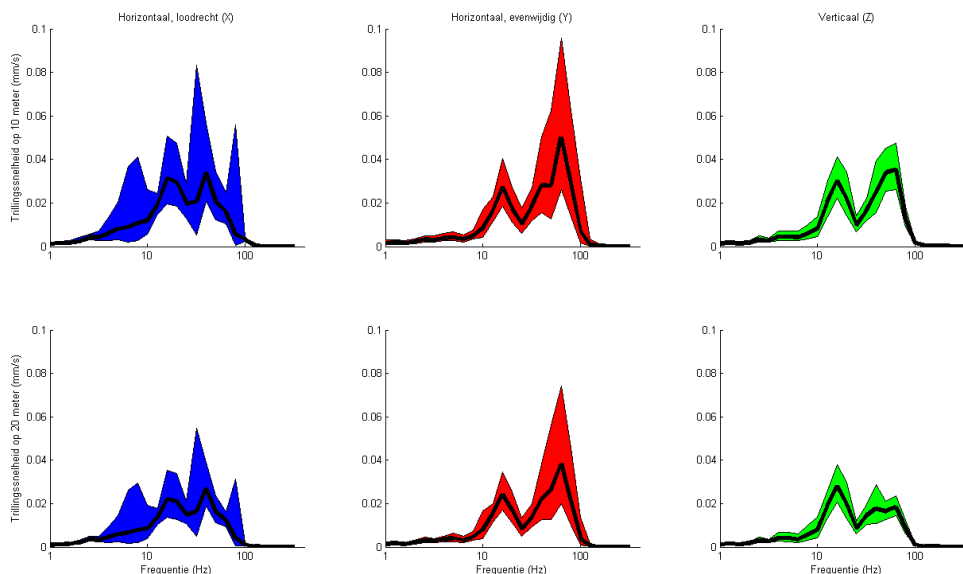
Meetlocatie 16 – Hoek van Holland, Strandboulevard

Op deze locatie rijden in de huidige situatie nog geen treinen. De bodemeigenschappen zijn bepaald met behulp van een valproef, waarbij de trillingen worden gegenereerd door een kunstmatige trillingsbron. De trillingen worden gemaakt met behulp van een gewicht, dat van een hoogte van ongeveer 2 meter naar beneden valt. Deze valproef is uitgevoerd aan de Strandboulevard en aan de Stationsweg in Hoek van Holland. Met behulp van de valproef is de meting aan de treinen aan de Stationsweg gecorrigeerd voor de wijziging in bodemopbouw tussen de twee locaties.

De bodemeigenschappen zijn weergegeven in Figuur 32, de berekende trillingsspectra, vanuit een combinatie van de valproeven op genoemde twee locaties en de maaiveldmeting aan de Stationsweg, in Figuur 33. De trillingsspectra zijn voor de huidige situatie, bij een rijnsnelheid van 30 tot 40 km/h, zoals momenteel het geval is bij de Stationsweg. Opvallend is de lage dempingswaarde van de bodem, de trillingen zijn daardoor tot op grote afstand voelbaar.



Figuur 32 Bodemeigenschappen



Figuur 33 Trillingsspectra op 10 meter (boven) en 20 meter (onder) tot het spoor

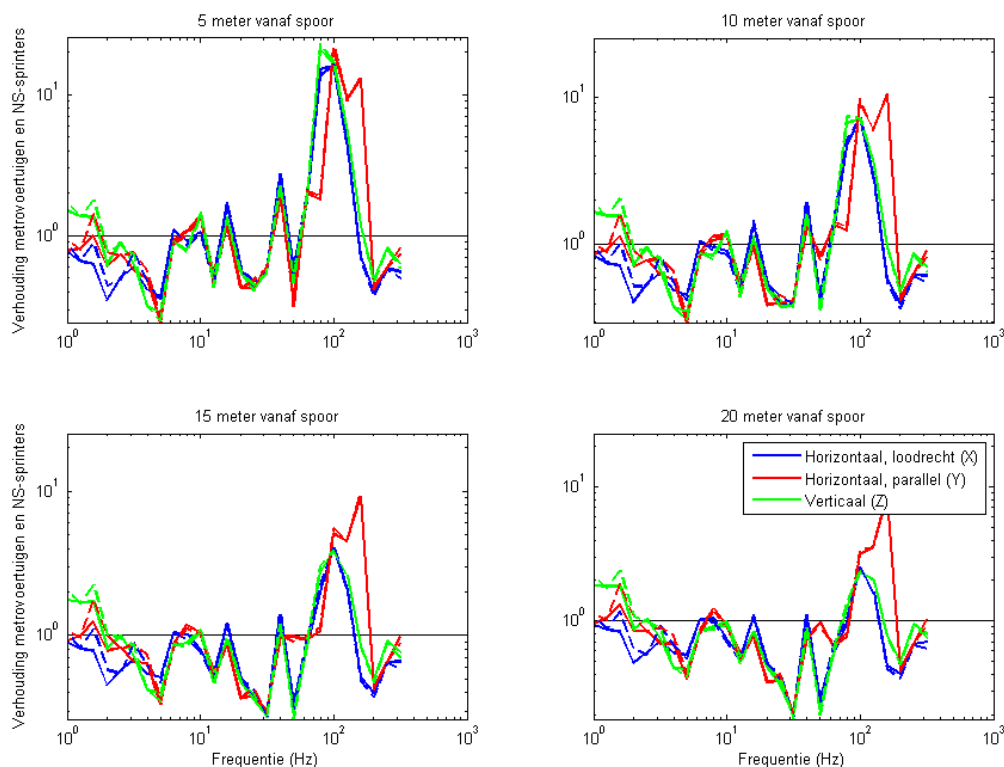
Bijlage 3: Correctie voor voertuigtype

In de huidige situatie rijden er sprinters van de *Nederlandse Spoorwegen* op de Hoekse Lijn van het type SGM. In de diverse beschouwde alternatieven zijn dit metrovoertuigen van de *RET* van het type RSG3. Omdat dit materieel andere mechanische eigenschappen heeft, zal de trillingssterkte ook afwijken. Daarom worden de gemeten trillingsspectra voor de beschouwde alternatieven gecorrigeerd voor deze wijziging in voertuigtype.

De correctiefactor om de NS-sprinters naar metrovoertuigen om te rekenen is bepaald vanuit twee bronnen:

1. Modelberekeningen met behulp van een dynamisch model, het zogenaamde *Spoormodel*. In dit model is zowel een NS-sprinter als een metrovoertuig gemodelleerd. Door de trillingsspectra van metrovoertuigen op die van de NS-sprinter te delen, ontstaat een correctiefactor voor voertuigtype;
2. Op een locatie waar zowel metrovoertuigen als NS-sprinters passeren, is een meting verricht om de invloed van het type voertuig vast te stellen. Deze meting is verricht op een locatie bij station Den Haag Laan van NOI. Omdat de frequentieafhankelijke verhouding tussen de trillingsspectra van verschillende trein- en metrotypes niet significant afhankelijk is van de bodemopbouw, is de invloed van de verschillen in bodemopbouw tussen de diverse locaties langs de Hoekse Lijn en de meetlocatie in Den Haag niet relevant voor dit onderzoek.

De frequentieafhankelijke verhouding tussen metrovoertuigen en NS-sprinters op 5, 10, 15 en 20 meter afstand tot de trillingsbron is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Verhouding tussen metrovoertuigen en NS-sprinters, spectraal bepaald op 5, 10, 15 en 20 meter tot het spoor (onderbroken lijn is voor SG2/1, doorgetrokken lijn voor RSG3)

In Figuur 1 valt een aantal zaken op:

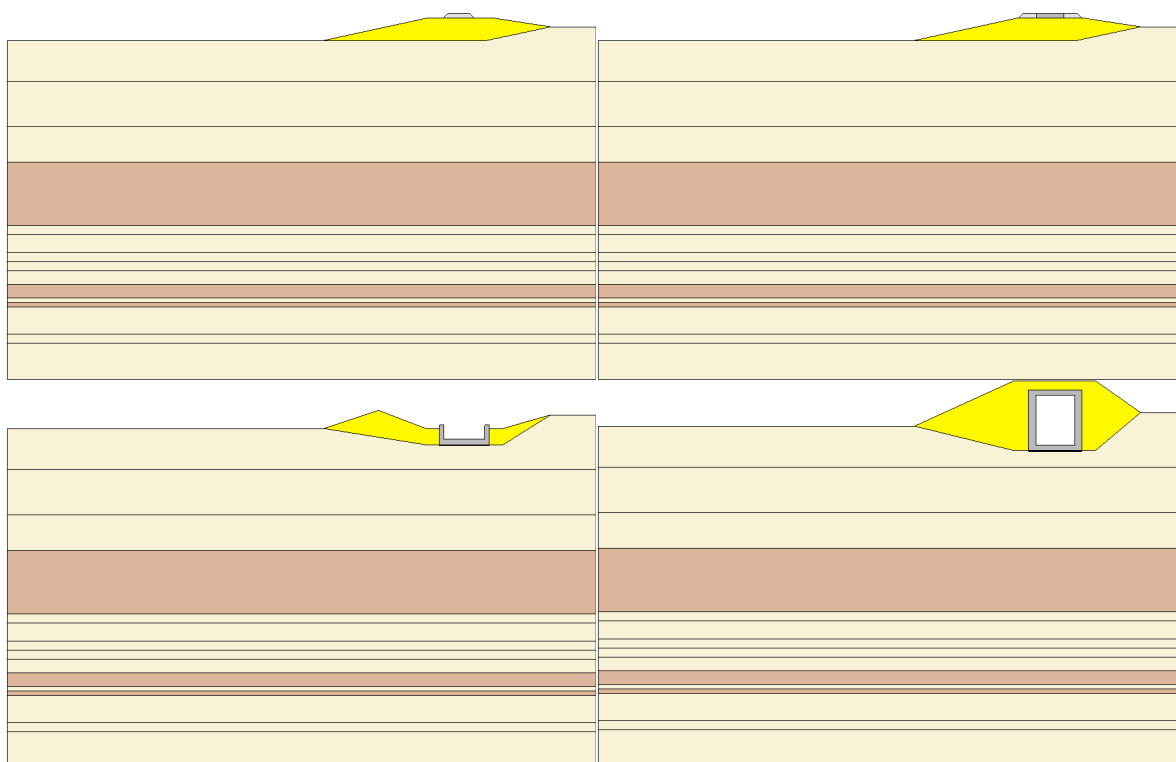
- Voor trillingshinder (gebied onder 80 Hz) is er geen significant afstandseffect voor de verhouding tussen de twee treintypes. Dit komt overeen met de hypothese dat onafhankelijk van de positie de spectrale verhouding tussen twee voertuigen op dezelfde ondergrond altijd identiek is;
- Laagfrequent, in het gebied tussen 4 en 8 Hz, en wat hoger frequent tussen de 20 en 40 Hz, geeft een metro lagere trillingen dan een NS-sprinter (verhouding kleiner dan 1). Voor trillingshinder heeft de wijziging in materieeltype dus een gunstig effect. Hoogfrequent is zichtbaar dat metrovoertuigen minder gunstig scoren dan het huidige materieel (verhouding groter dan 1). Voor laagfrequent geluid zijn de huidige NS-sprinters dus gunstiger dan de toekomstige metrovoertuigen;
- Boven de 80 Hz is zichtbaar dat de versterking van metrovoertuigen ten opzichte van NS-sprinters afneemt met de afstand tot het spoor. Op grotere afstand neemt het ongunstige effect van metrovoertuigen voor laagfrequent geluid dus af.

Uit de modelberekeningen, die zijn uitgevoerd voor diverse types ondergronden, blijkt dat de invloed van de ondergrond op de verhouding tussen metrovoertuigen en de NS-sprinters beperkt is.

Ook de invloed van verschillen tussen de metrotypes RSG3 en SG2/1 vast te stellen, zijn metingen uitgevoerd op een locatie waar beide types materieel passeren, bij Rotterdam Alexander. Uit deze metingen volgt dat het SG2/1-materieel iets gunstiger is ten aanzien van trillingen, terwijl het RSG3-materieel iets gunstiger is ten aanzien van laagfrequent geluid, zie ook Figuur 1.

Bijlage 4: Correctie voor bovenbouwconstructie

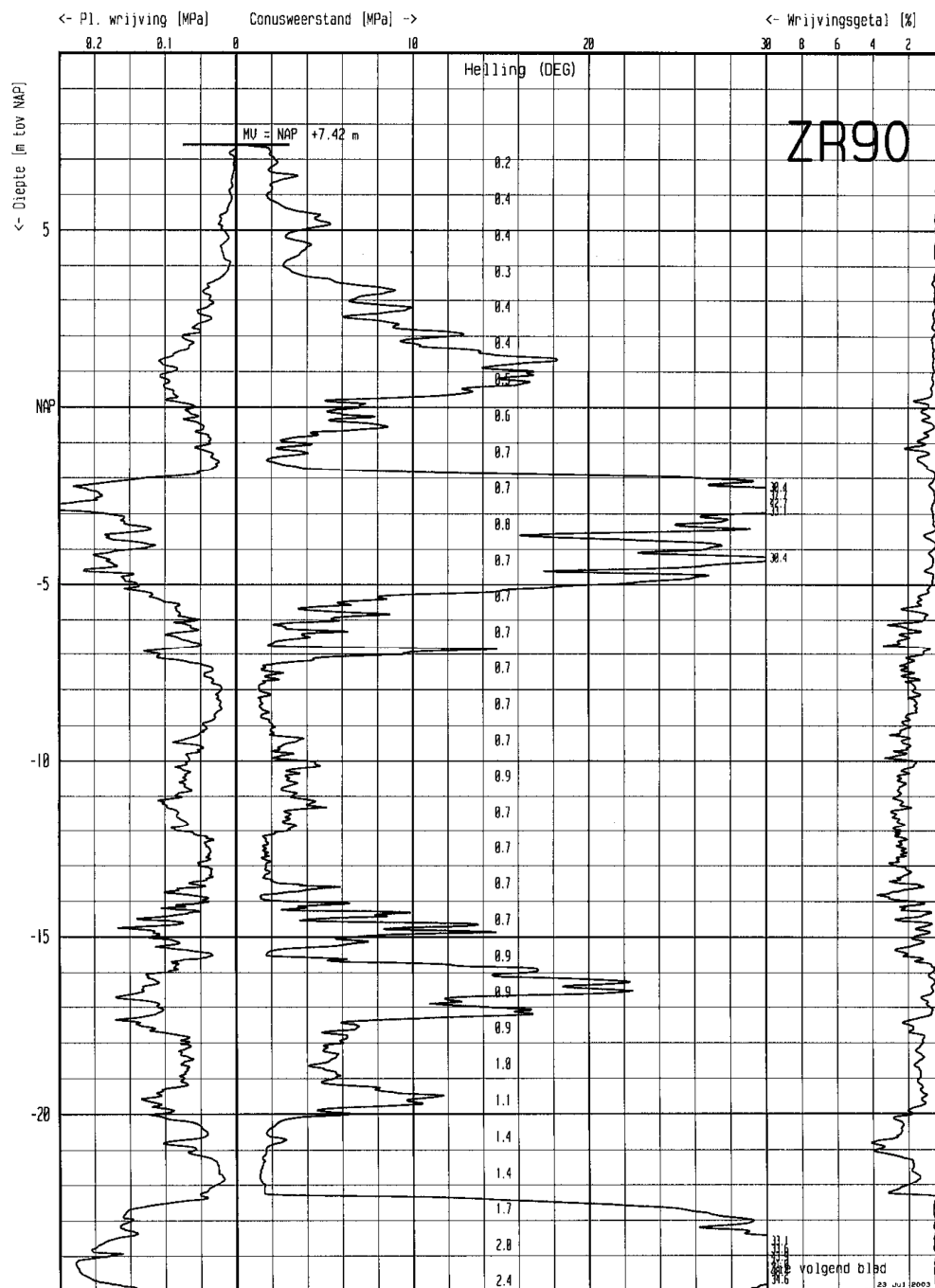
Het type bovenbouwconstructie heeft invloed op de trillingssterkte van treinen. Omdat het niet mogelijk is om deze correctie betrouwbaar middels metingen vast te stellen (er zijn geen locaties in Nederland waar alle voor trillingen van belang zijnde parameters hetzelfde zijn terwijl alleen de bovenbouwconstructie wijzigt), is deze correctiefactor met behulp van 3D eindige elementen modellen bepaald. Hiervoor is een model opgesteld van het te verlengen deel bij Hoek van Holland, waarbij op dezelfde locatie zowel een spoor met betonnen dwarsliggers in ballast en een embedded rail constructie op maaiveld, in een open bak en in een tunnel zijn gemodelleerd, zie Figuur 1. De grondopbouw is gebaseerd op sondering ZR090, zie Figuur 2. De dynamische grondparameters zijn weergegeven in Tabel 1.



Figuur 1 Doorsneden van 3D eindige elementenmodellen van de spoorverlenging bij Hoek van Holland. Linksboven spoor in ballast, rechtsboven een embedded rail constructie, linksonder de open bak en rechtsonder de tunnel

In de modellen wordt vervolgens een trein gesimuleerd, en het trillingsspectrum wordt op diverse afstanden tot het spoor gemeten in de diverse situaties. Door het spectrum van de diverse situaties te delen door dat van de standaard situatie, betonnen dwarsliggers in ballastspoor, kan de invloed van het bovenbouwtype worden vastgesteld.

Uit de analyse blijkt dat het effect van de bovenbouwconstructie, zoals verwacht, niet wijzigt met de afstand. De verhouding van de verschillende van toepassing zijnde bovenbouwconstructies met de standaard situatie, betonnen dwarsliggers in ballastspoor, is weergegeven in Figuur 3.



Project : hoek van holland
Locatie : Rotterdam
Paraaf 1: 2:

Conus : Cil.elec kl-piezo
Nummer : CFPI 030210
Bereik : 50 kN
Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2

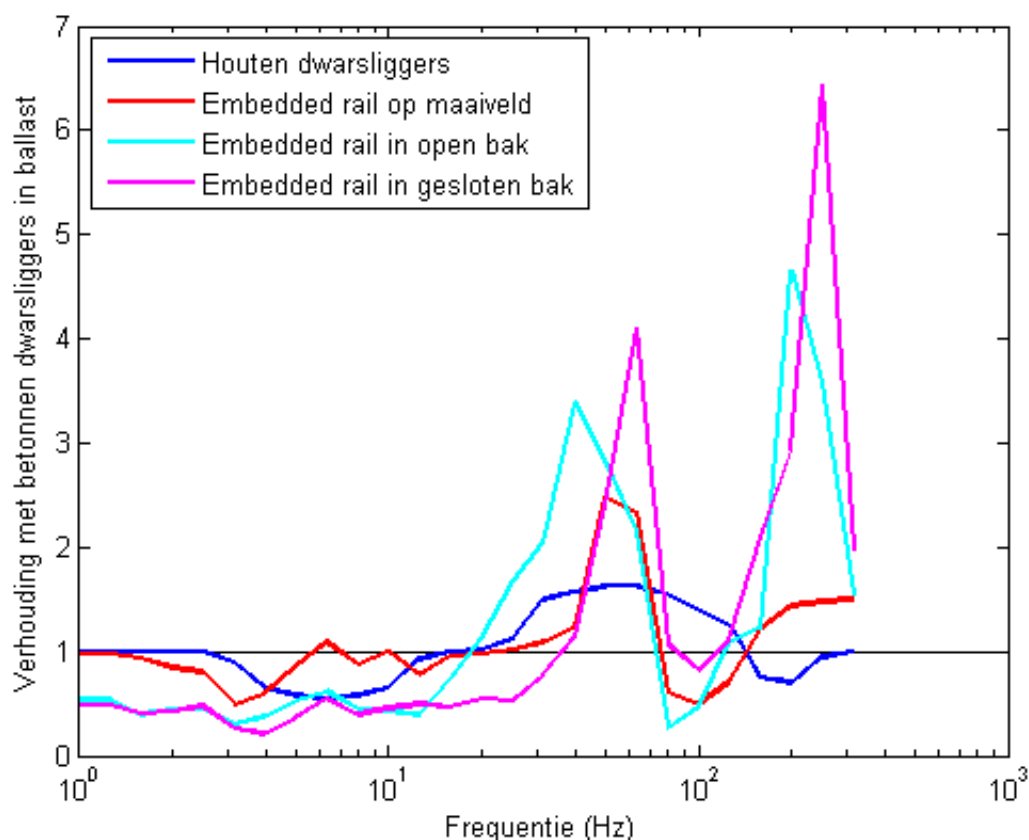
MAP : mvj03-185
DATUM : 17-7-2003

Gemeentewerken
ROTTERDAM
Ingenieursbureau
Geotechniek

Figuur 2 Sondering ZR90, bij de Strandweg in Hoek van Holland

Tabel 1 Grondparameters bij sondering ZR090. Diepte is in meters boven NAP

Grondsoort	Diepte (m)	q_c [MPa]	f_w [%]	G_{dyn} [MPa]	r [kg/m ²]	n [-]	C_{schuif} [m/s]	x [%]
Droog zand	8.5 – 3	15	1	129	1800	0.3	268	3
Nat zand	3 tot -2	20	1	172	2050	0.45	290	3
Nat zand	-2 tot -6	33	1	284	2150	0.45	363	3
Nat zand/kleimengsel	-6 tot -13	2	2	24	2000	0.45	110	4
Nat zand	-13 tot -14	14	1	120	2000	0.45	245	3
Nat zand	-14 tot -16	28	1	241	2125	0.45	337	3
Nat zand	-16 tot -17	12	1	103	1975	0.45	229	3
Nat zand	-17 tot -18	6	1	52	1900	0.45	165	3
Nat zand	-18 tot -19.5	10	1	86	1950	0.45	210	3
Nat zand/kleimengsel	-19.5 tot -21	4	2	49	2000	0.45	156	4
Nat zand	-21 tot -21.5	22	2	268	2075	0.45	359	3
Nat zand/kleimengsel	-21.5 tot -22	2	2	24	2000	0.45	110	4
Nat zand	-22 tot -25	33	1	284	2150	0.45	363	3
Nat zand	-25 tot -26	20	1	172	2050	0.45	290	3
Nat zand	-26 tot -30	40	1	344	2200	0.45	395	3



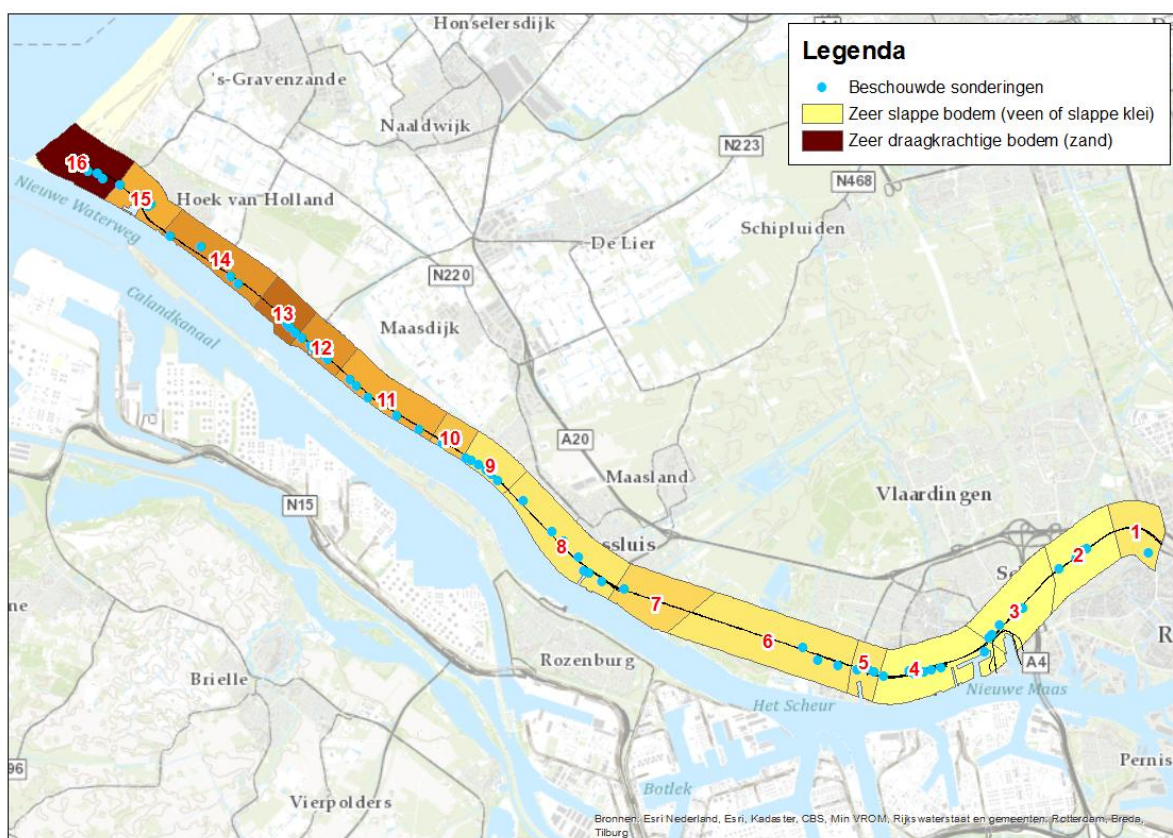
Figuur 3 Verhouding bovenbouwconstructie met referentie (betonnen dwarsliggers in ballastspoor)

In Figuur 3 valt het volgende op:

1. Houten dwarsliggers hebben tussen de 4 en 8 Hz een reducerend effect op het trillingsspectrum, maar tussen 30 en 110 Hz een versterkend effect. Voor laagfrequent geluid, waarvoor de hogere frequenties meer van belang zijn, zijn betonnen dwarsliggers dus gunstiger dan houten dwarsliggers;
2. Zowel de open bak als de tunnel reduceren de trillingssterkte vooral laagfrequent fors. Rond 40 tot 60 Hz is echter een versterking zichtbaar ten opzichte van betonnen dwarsliggers in ballastspoor. Hieruit volgt dat deze bovenbouwconstructies voor trillingen gunstiger zijn (lagere trillingen), terwijl ze voor laagfrequent geluid ongunstiger zijn (hoger laagfrequent geluid) door de hoogfrequente versterking;
3. Embedded rail geeft vooral rond 50 Hz een versterking ten opzichte van betonnen dwarsliggers in ballastspoor.

Bijlage 5: Gebruikte sonderingen

Een belangrijke parameter bij het trillingsonderzoek is de opbouw van de bodem. Langs de lijn varieert de bodem van een zeer slappe bodem (Schiedam, Vlaardingen en het grootste deel van de gemeente Maassluis) via een deel met een gelaagde bodem met afwisselend zand, veen- en kleilagen (klein gedeelte van de gemeente Maassluis en een deel van Hoek van Holland) tot een zeer draagkrachtige zandbodem bij Hoek van Holland bij het strand. De classificatie van de bodem is weergegeven in Figuur 1. Deze classificatie is tot stand gekomen op basis van sonderingen, en zowel gebruikt als invoer voor het rekenmodel VibraDyna als voor het bepalen van de meetlocaties.

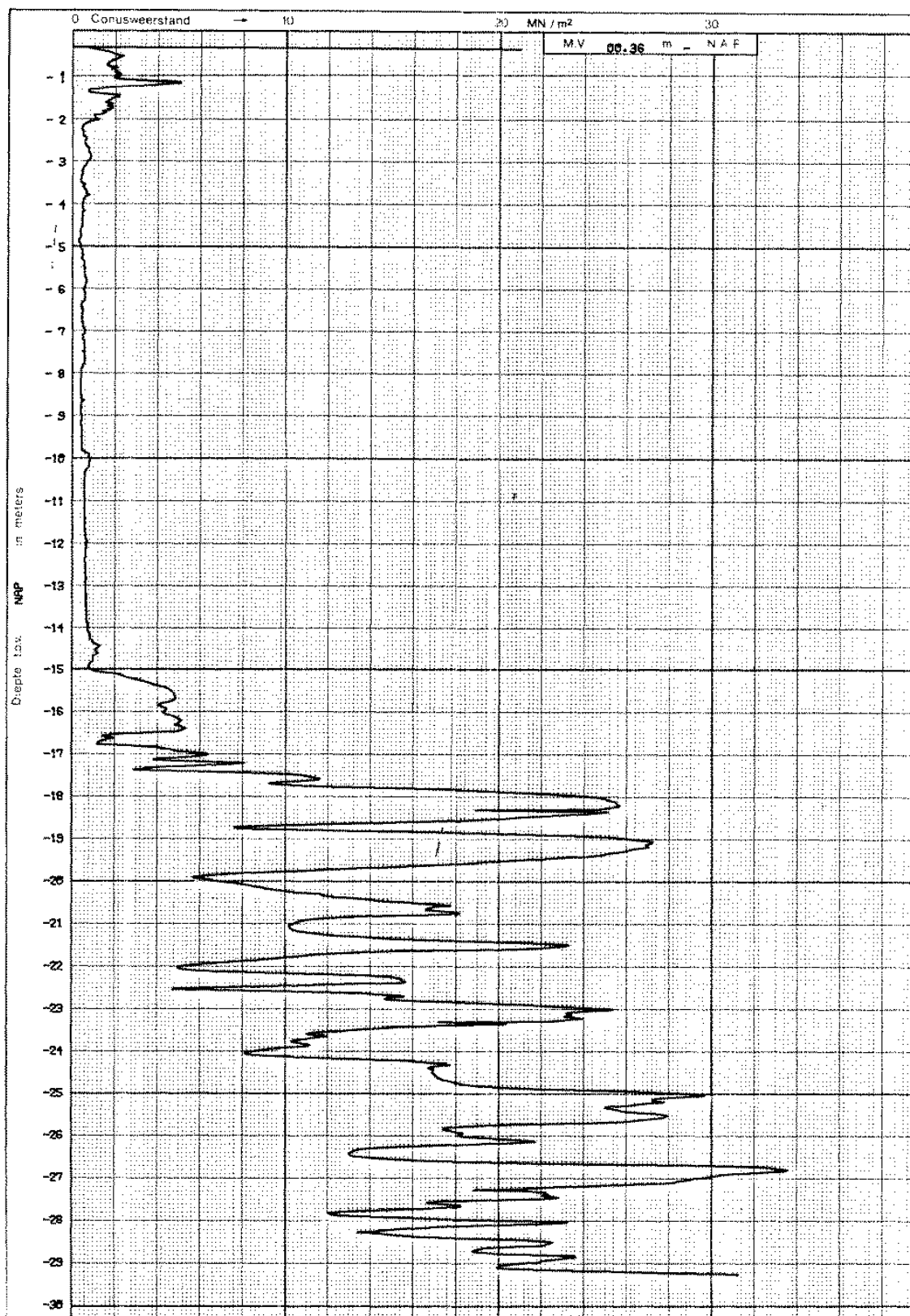


Figuur 1 Locaties beschouwde sonderingen en classificatie van de bodem (van zeer slap tot zeer draagkrachtig)

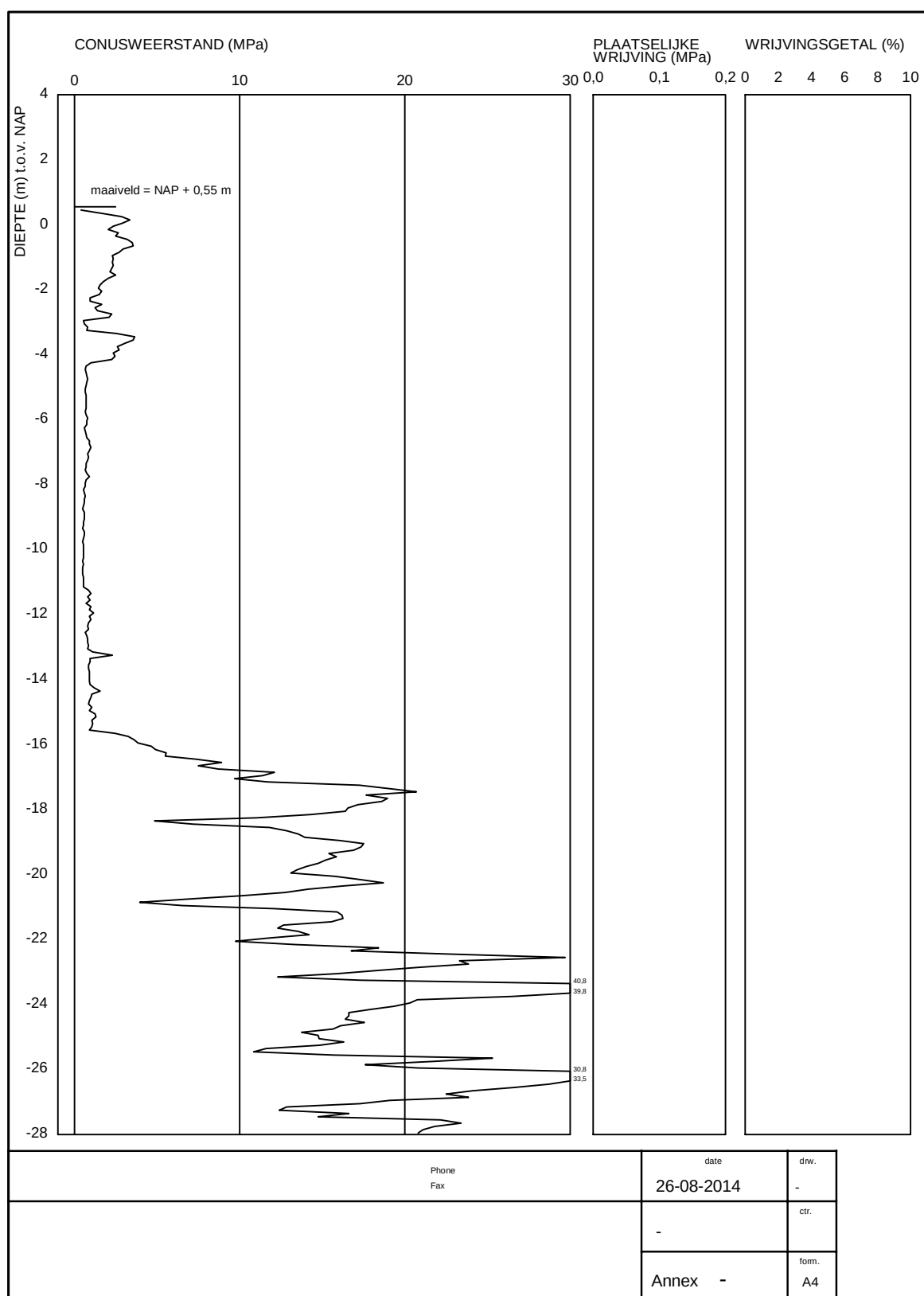
De gebruikte sonderingen kunnen geclassificeerd worden in 16 groepen, de nummers hiervan zijn weergegeven in Figuur 1. Per geïdentificeerd gebied wordt in Figuur 2 tot en met Figuur 18 een representatieve sondering weergegeven. Voor de meeste sonderingen is zowel de conusweerstand (parameter van de draagkracht van de bodem) als het wrijvingsgetal (parameter van het type bodem) weergegeven. Alle gebruikte sonderingnummers zijn weergegeven in Tabel 1. De sonderingen zijn in volgorde lopend van Schiedam tot aan Hoek van Holland

Tabel 1 *Gebruikte sonderingnummers per gebied*

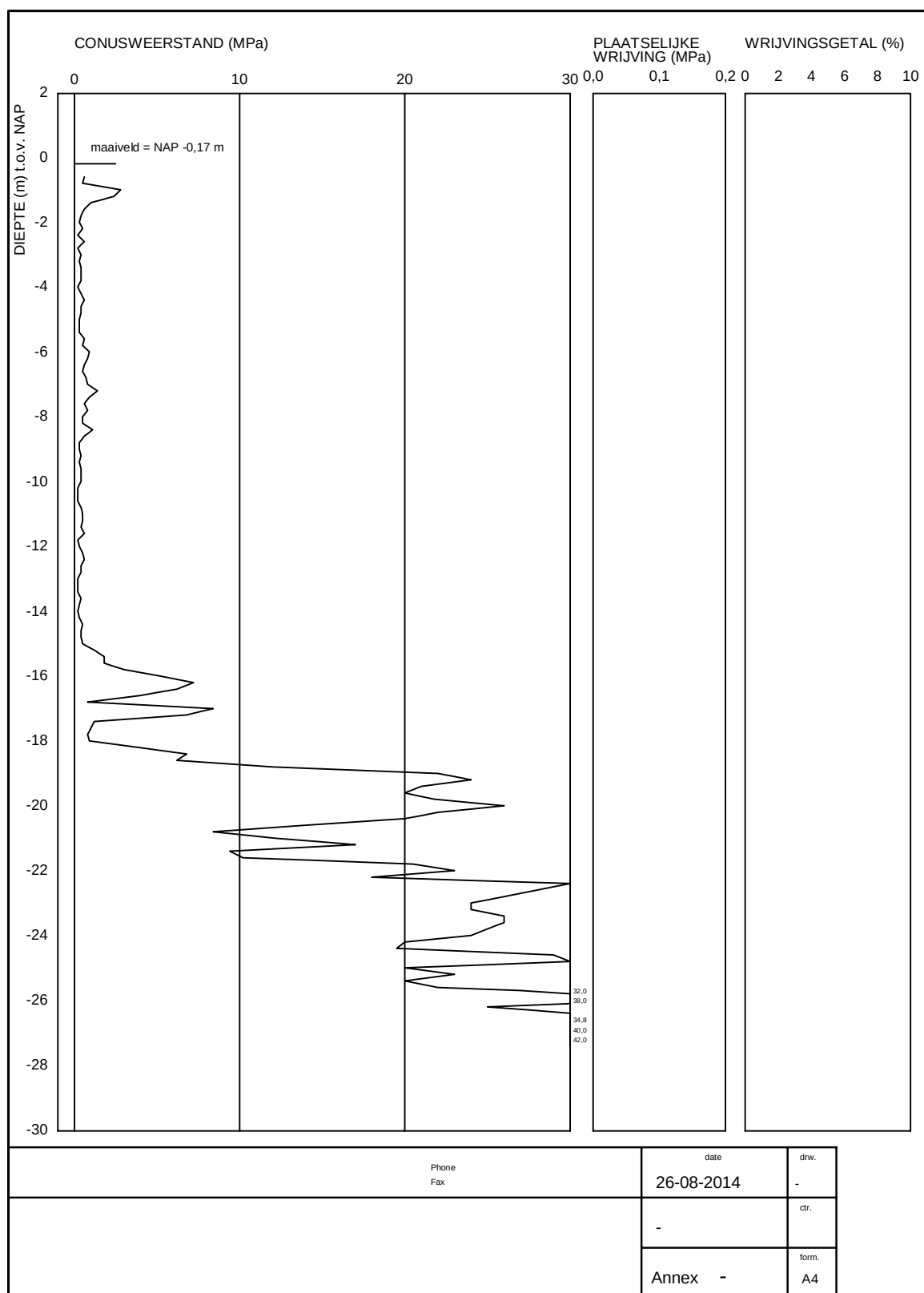
Gebiednr.	Sonderingnr.	Gebiednr.	Sonderingnr.	Gebiednr.	Sonderingnr.
1	S37E02658	6	S37G00053	12	S37B00428
2	115/080		S37G00982		S37B00438
	S37G01687		S37G01011		S37B00449
	S37E03347	7	S37D00813		S37B00450
	S37E03348	8	S37B01619		S37B00451
	S37E03850		S37B01816	13	S37B02545
3	S37G02322		S37B01642		S37B02546
	S37G02318		S37D00895		S37B00427
	S37G02314		S37D00129	14	115/043
	S37G00050		S37D00131		S37A00152
	S37G02263		S37D00866		S37B02392
4	S37G00273	9	S37B00433		S37B02074
	S37G00274		S37B00434	15	AR122
	S37G00275		S37B00435		S37A00585
	S37G00276		S37B00436		S37A00668
	S37G00277		S37B00443	16	ZP017
	S37G00279		S37B00445		ZP016
	S37G00069	10	S37B00430		ZR060
5	S37G00268	11	S37B00455		ZR090
	S37G00270		S37B00420		
	S37G00271		S37B00422		
			S37B00424		
			S37B00426		



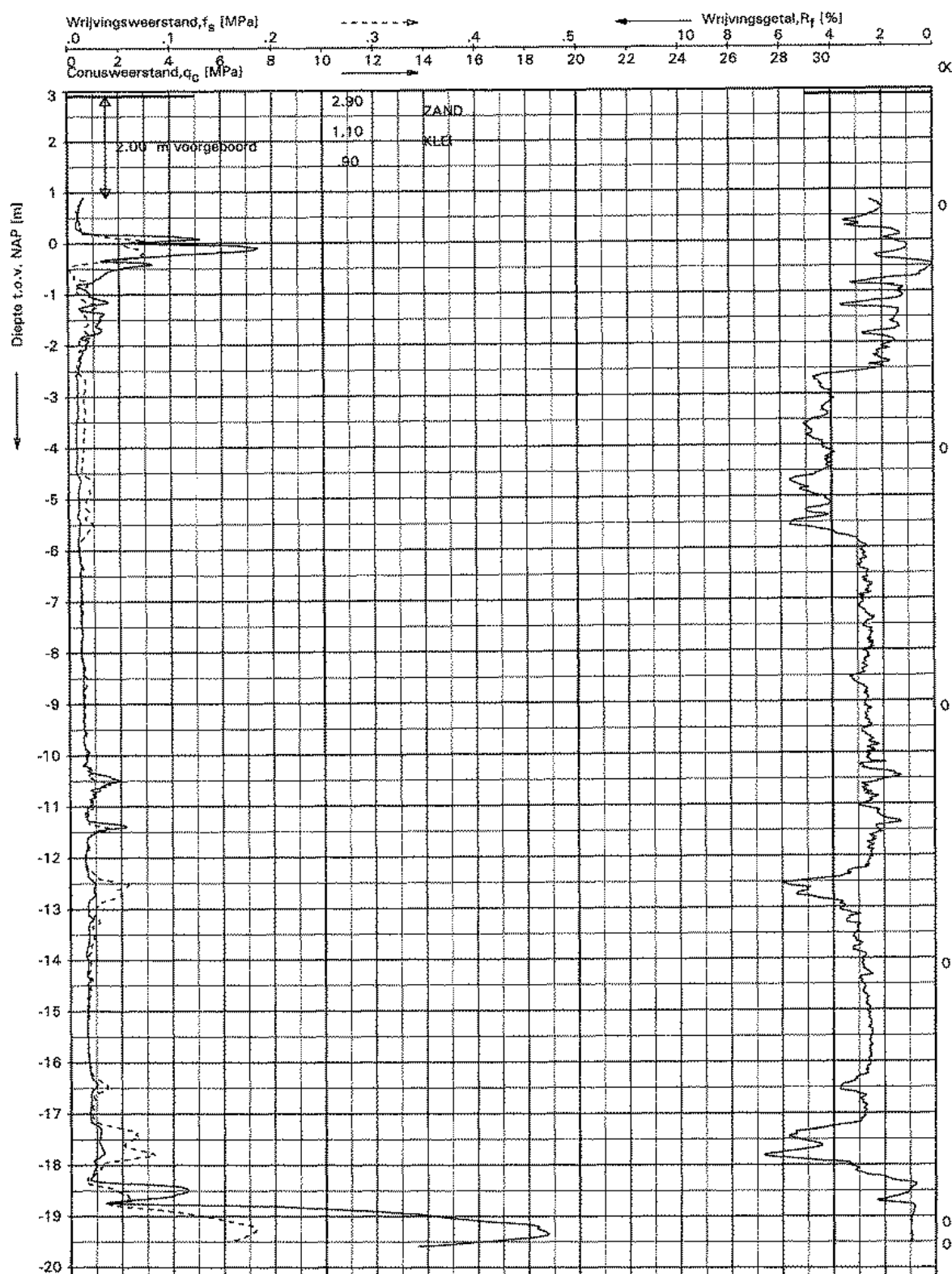
Figuur 2 Representatieve sondering voor gebied 1



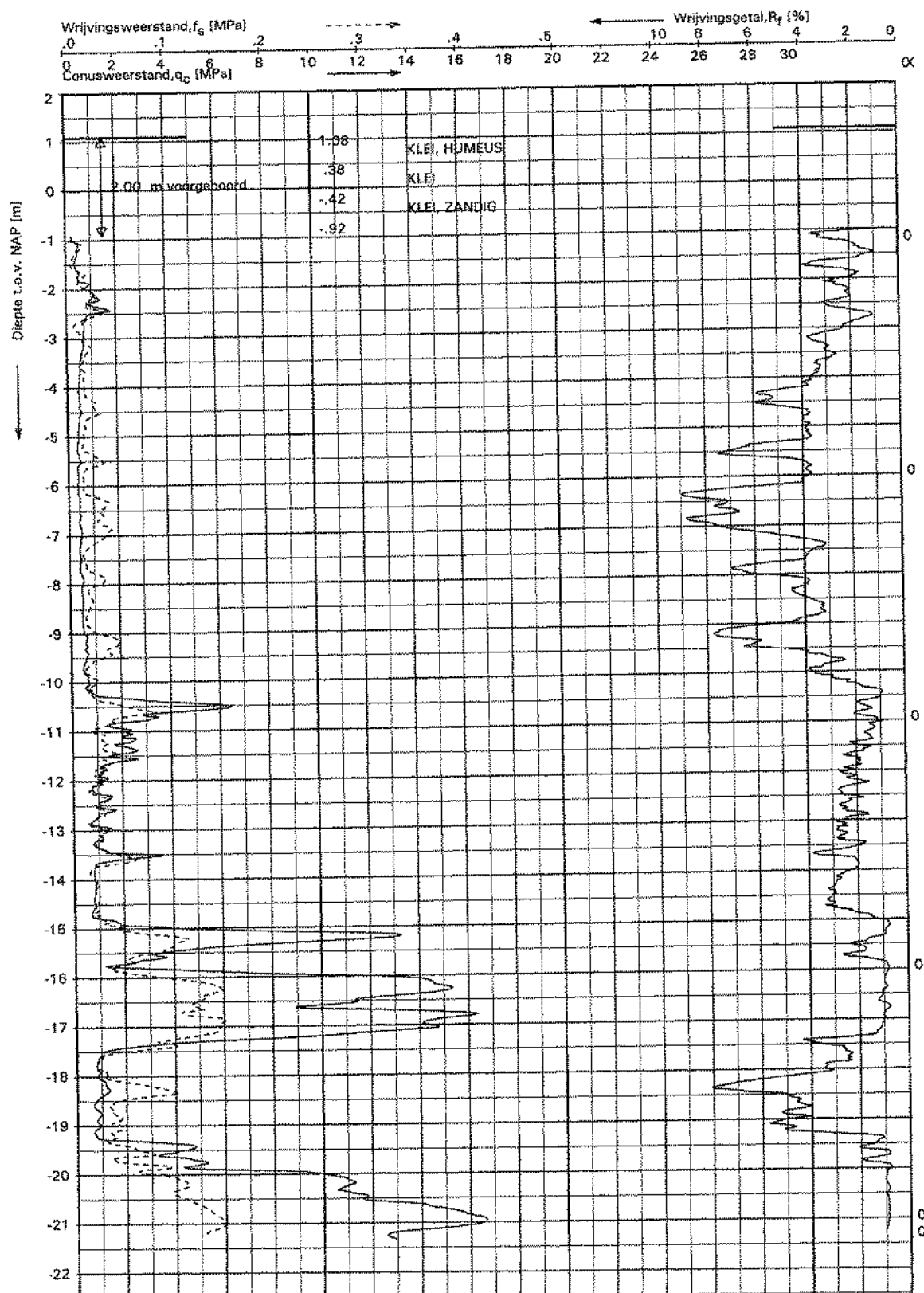
Figuur 3 Representatieve sondering voor gebied 2



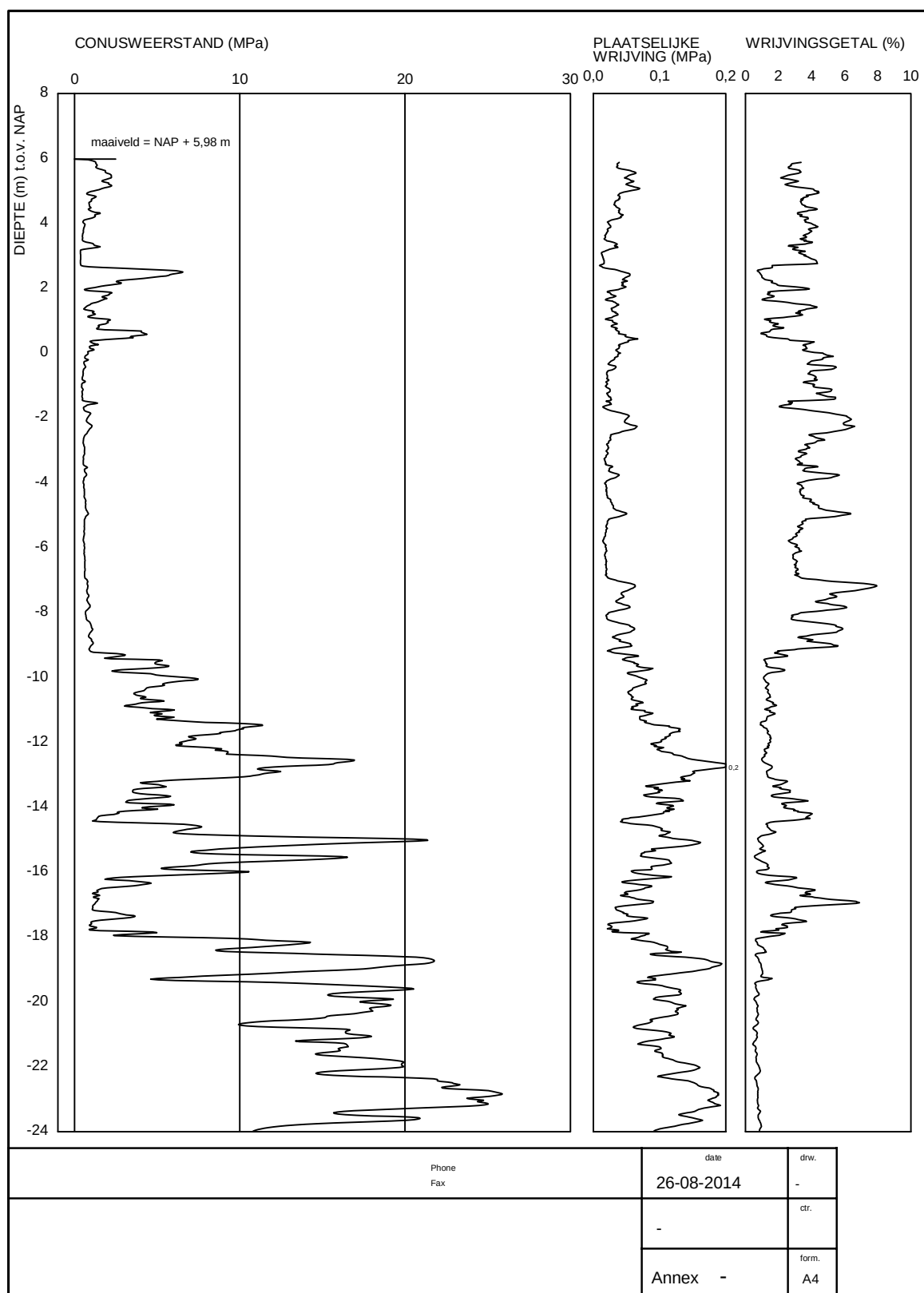
Figuur 4 Representatieve sondering voor gebied 3



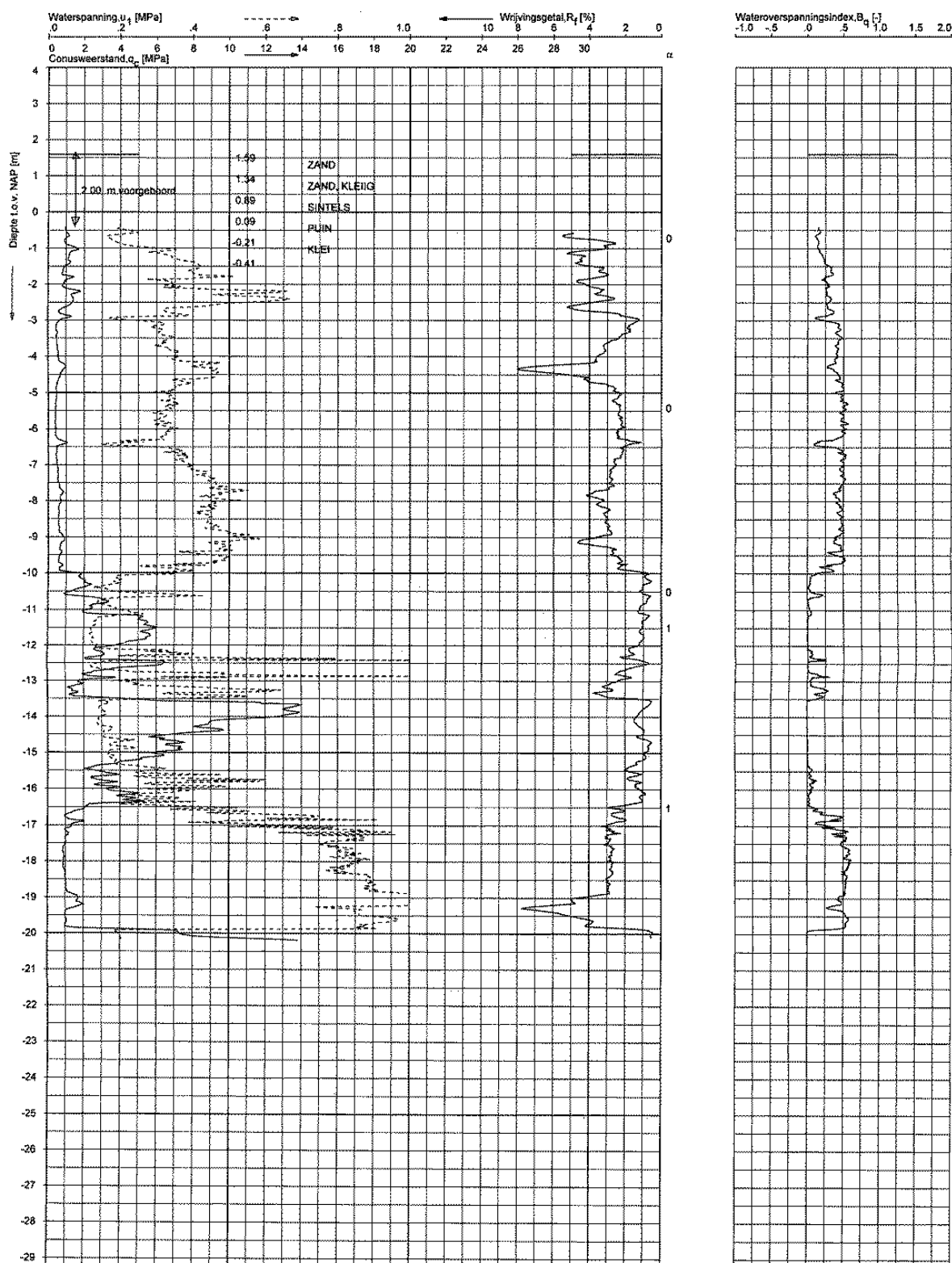
Figuur 5 Representatieve sondering voor gebied 4



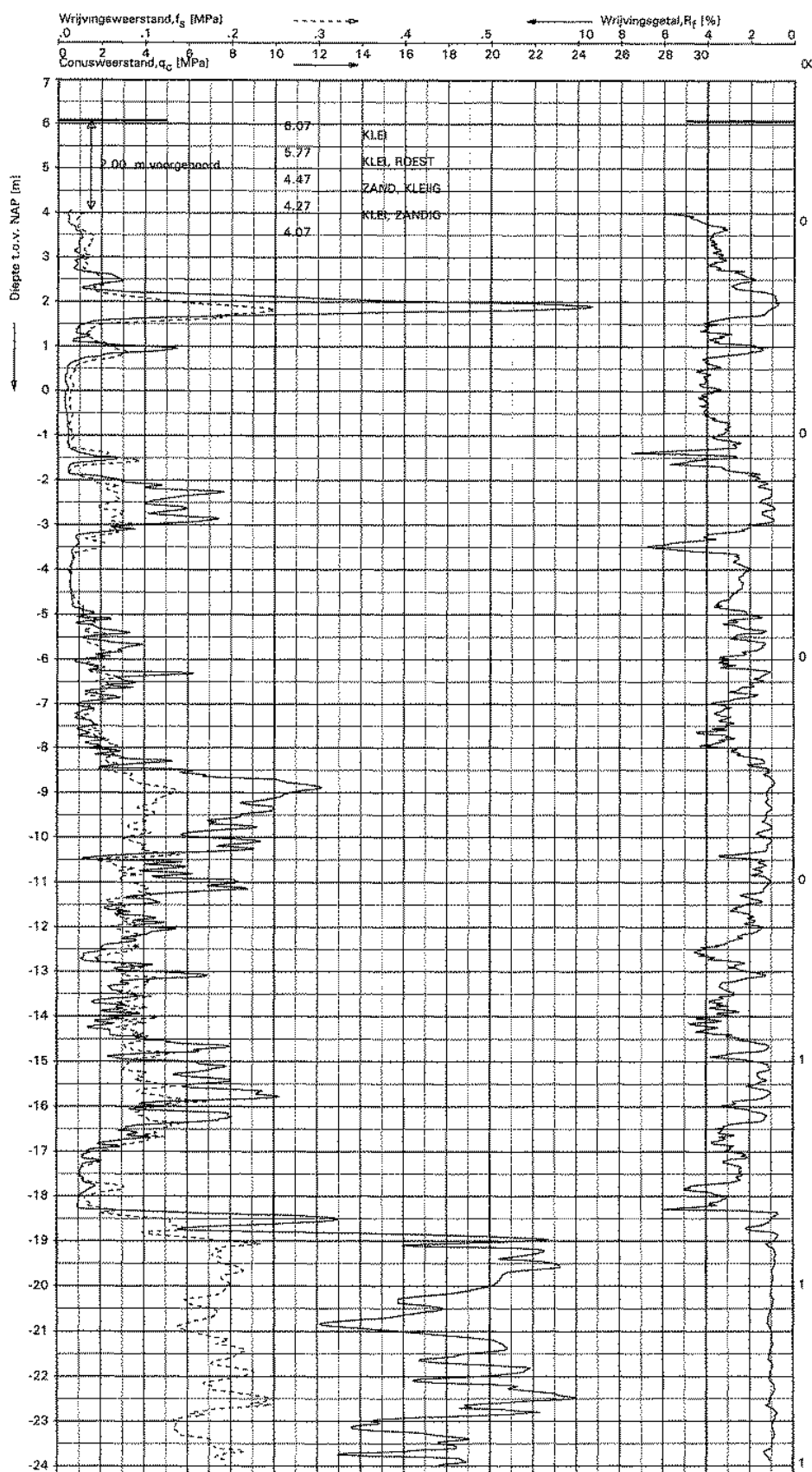
Figuur 6 Representatieve sondering voor gebied 5



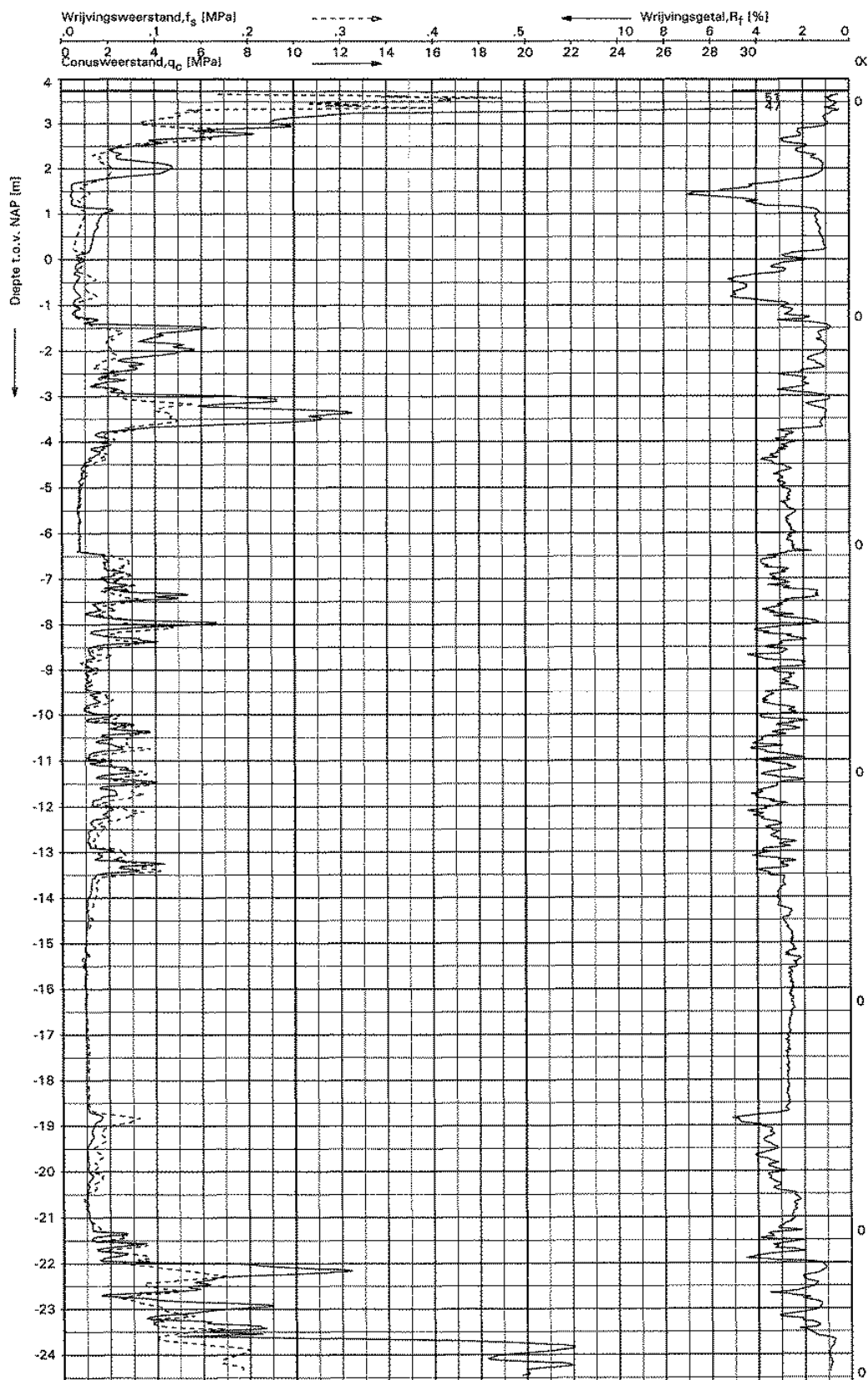
Figuur 7 Representatieve sondering voor gebied 6



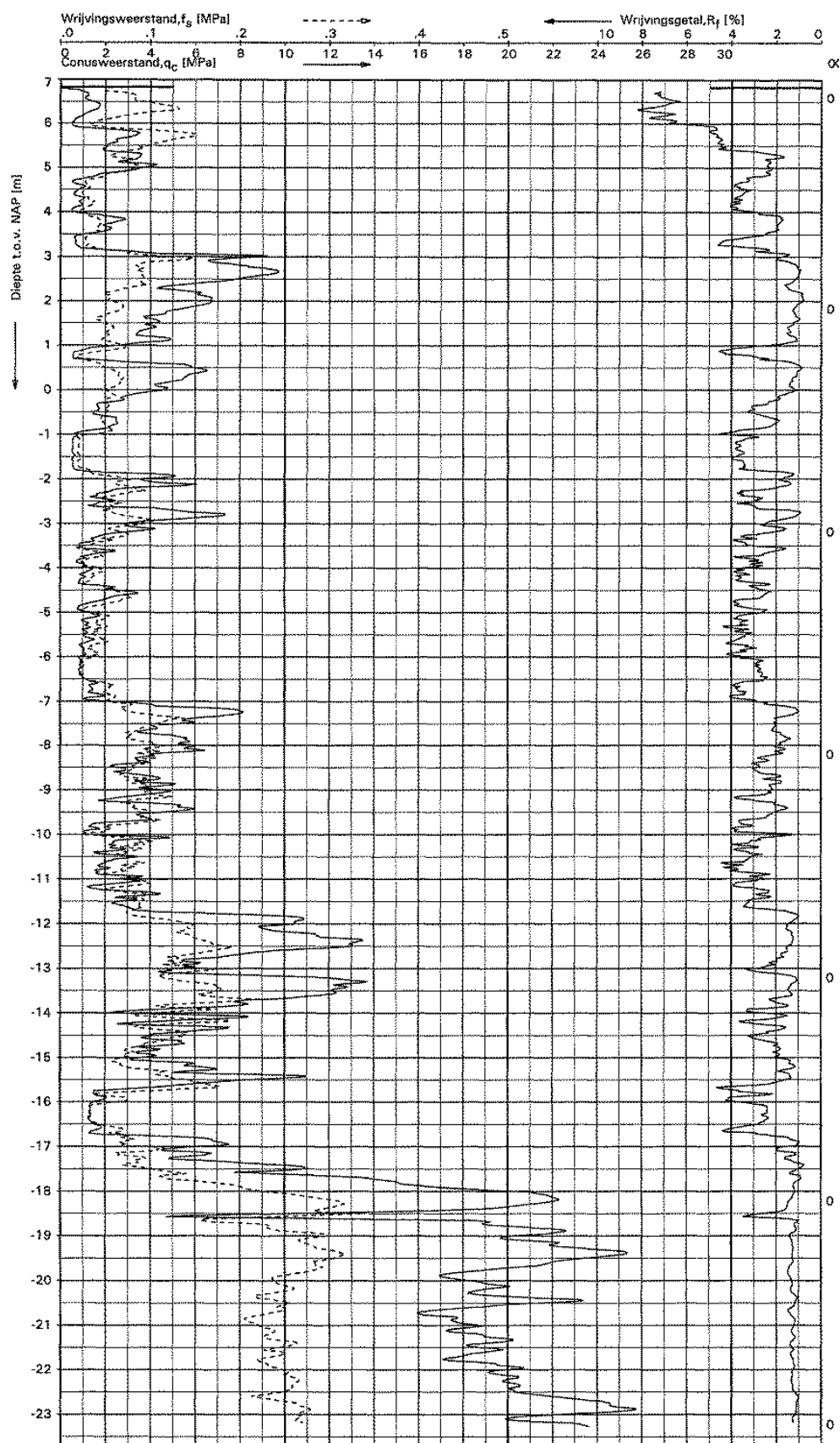
Figuur 8 Representatieve sondering voor gebied 7



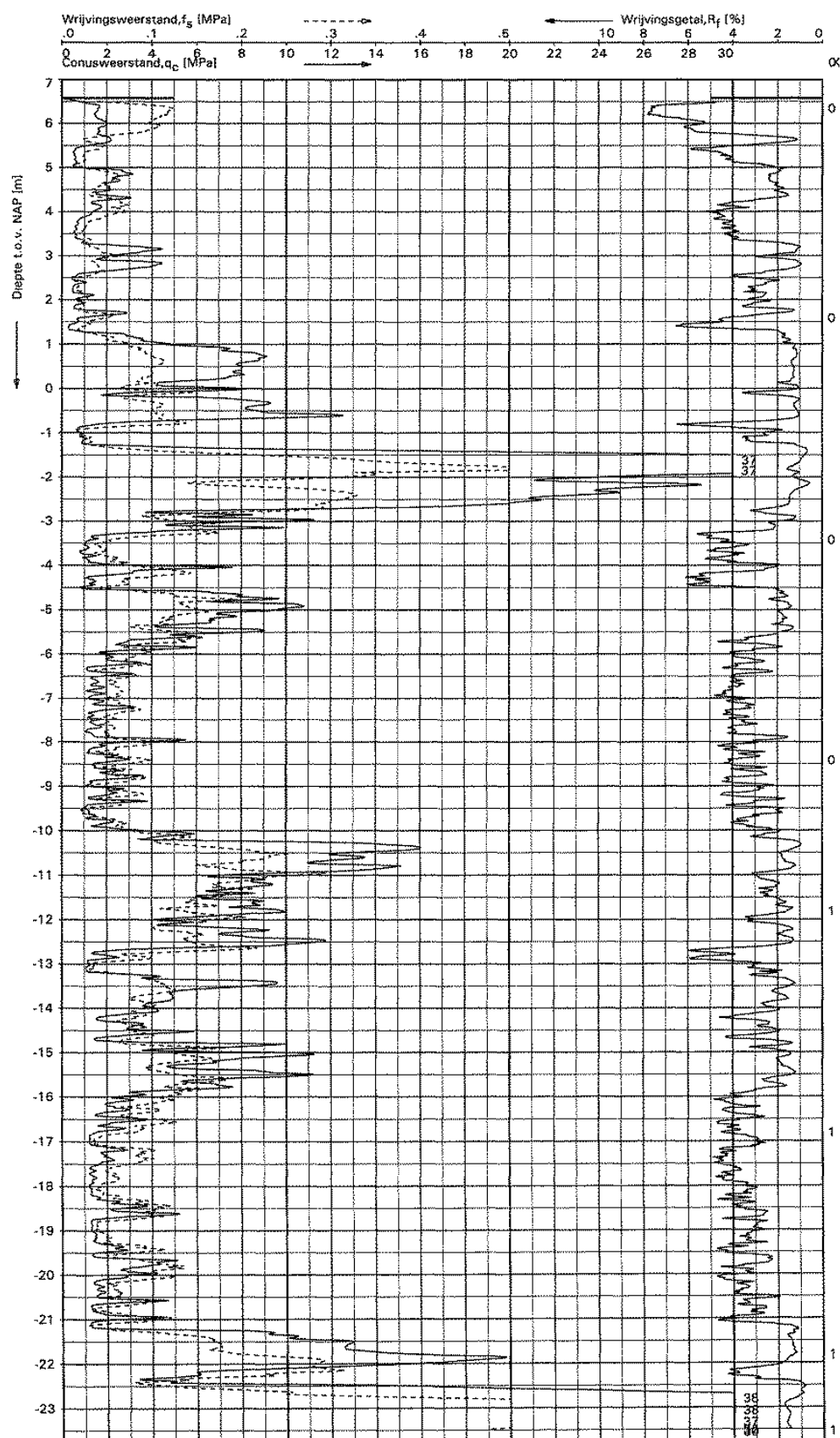
Figuur 9 Representatieve sondering voor gebied 8



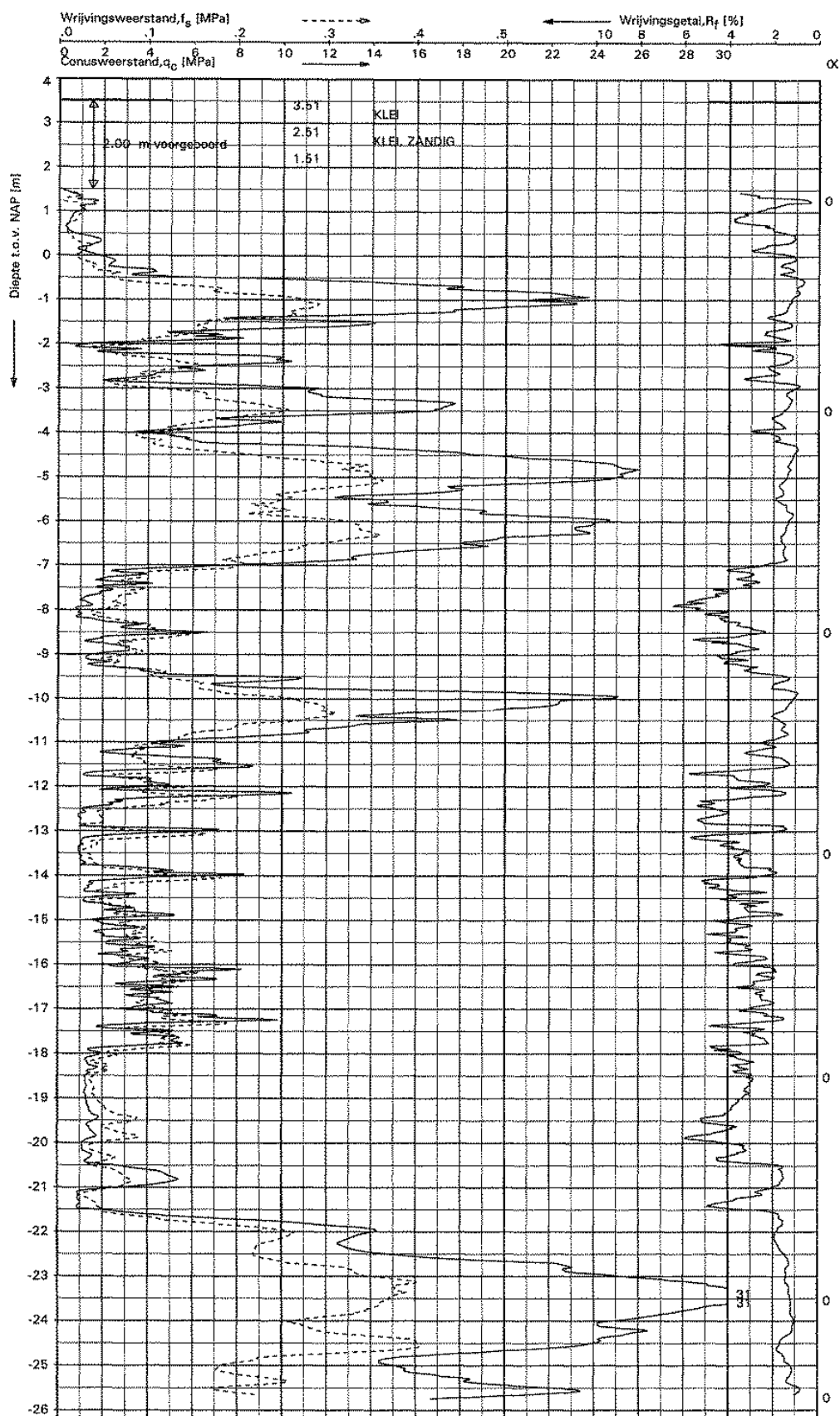
Figuur 10 Representatieve sondering voor gebied 9



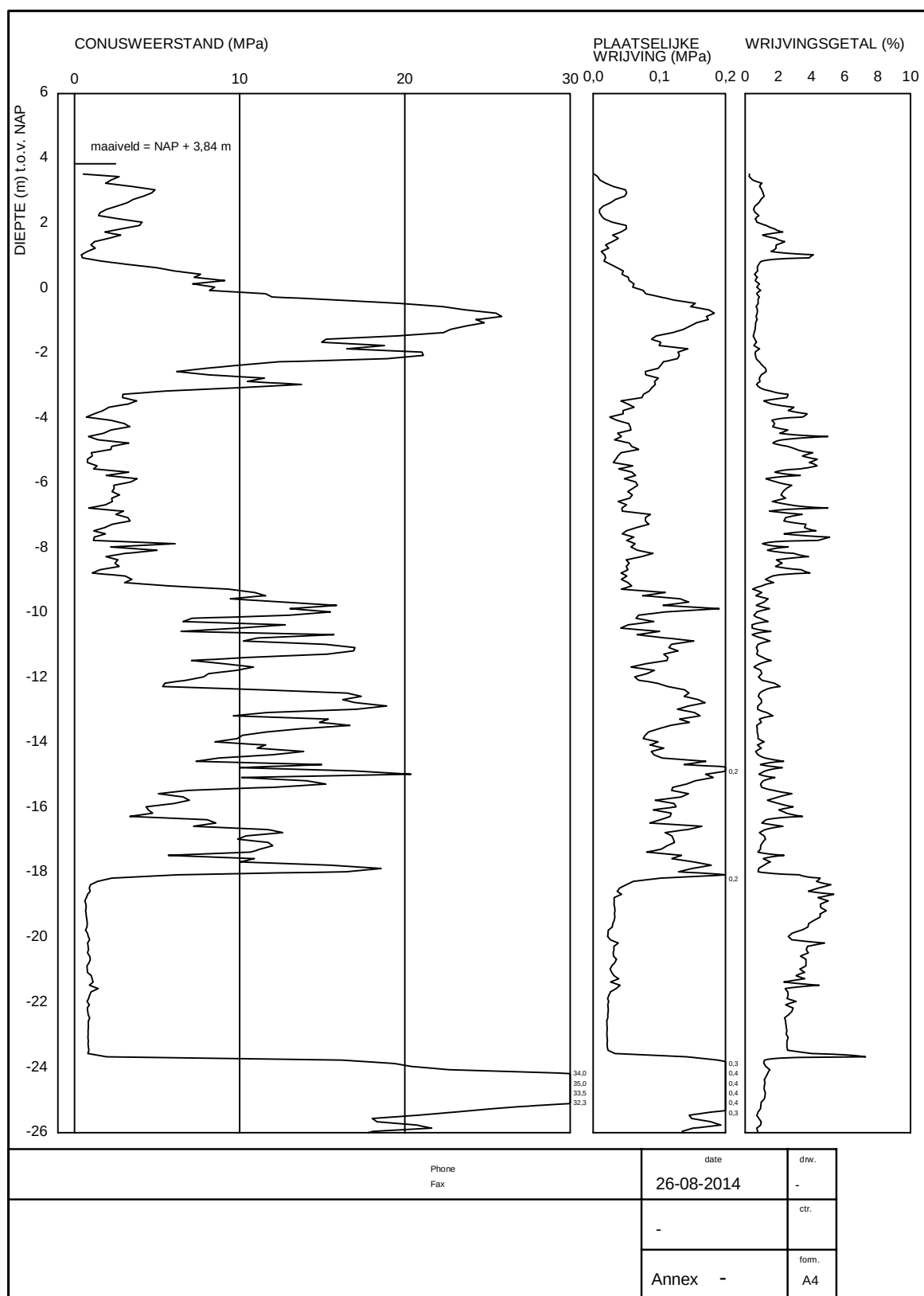
Figuur 11 Representatieve sondering voor gebied 10



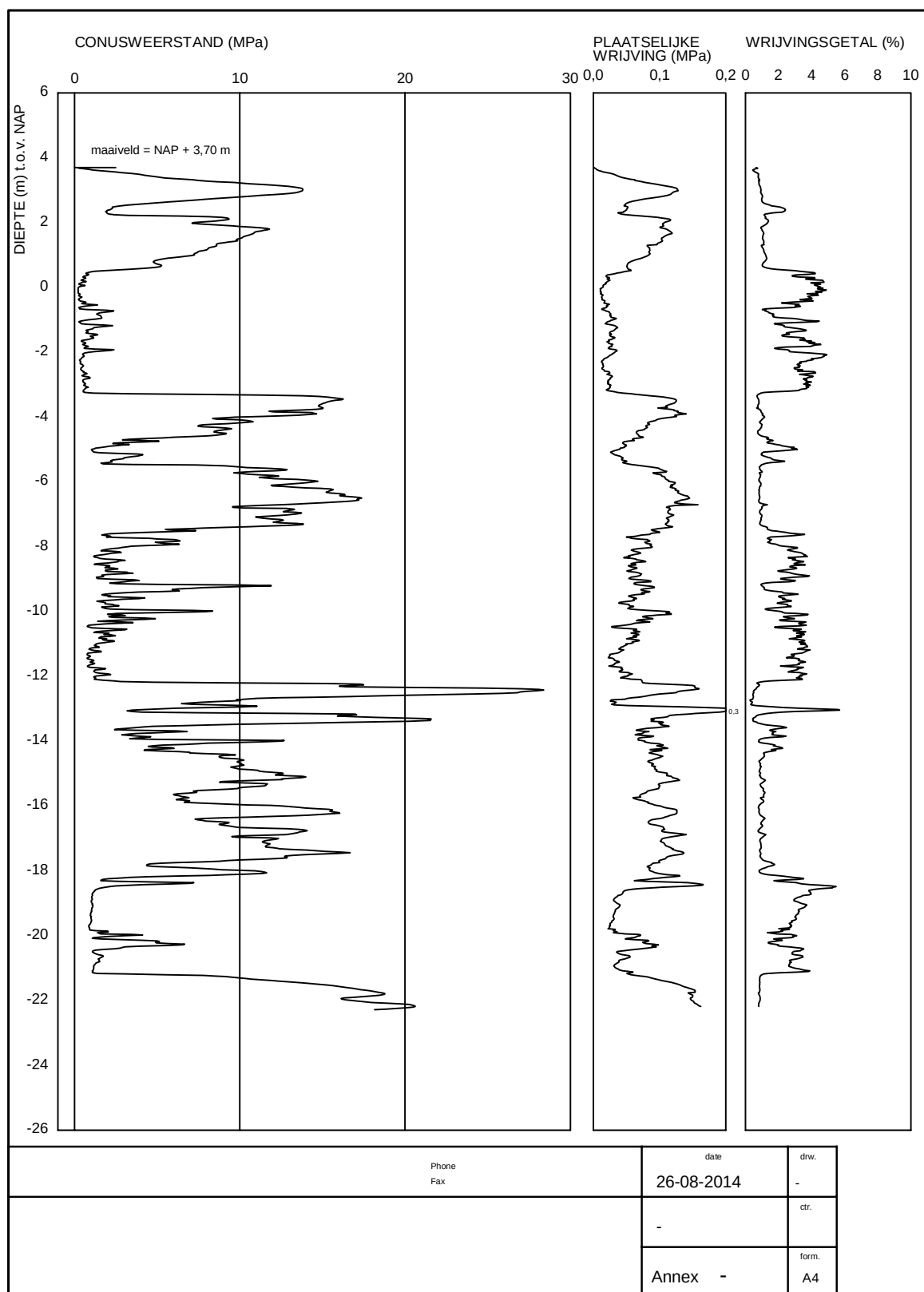
Figuur 12 Representatieve sondering voor gebied 11



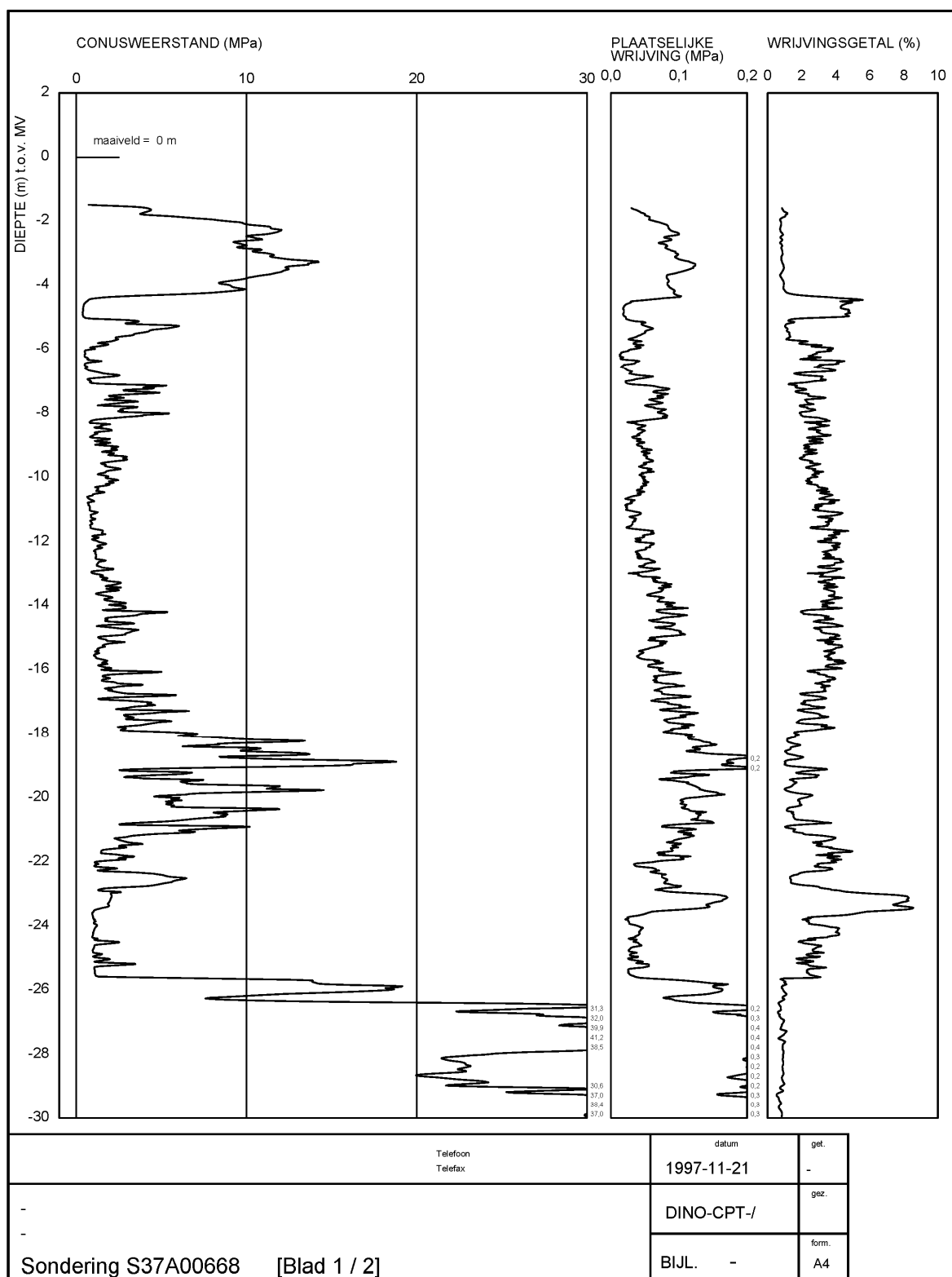
Figuur 13 Representatieve sondering voor gebied 12



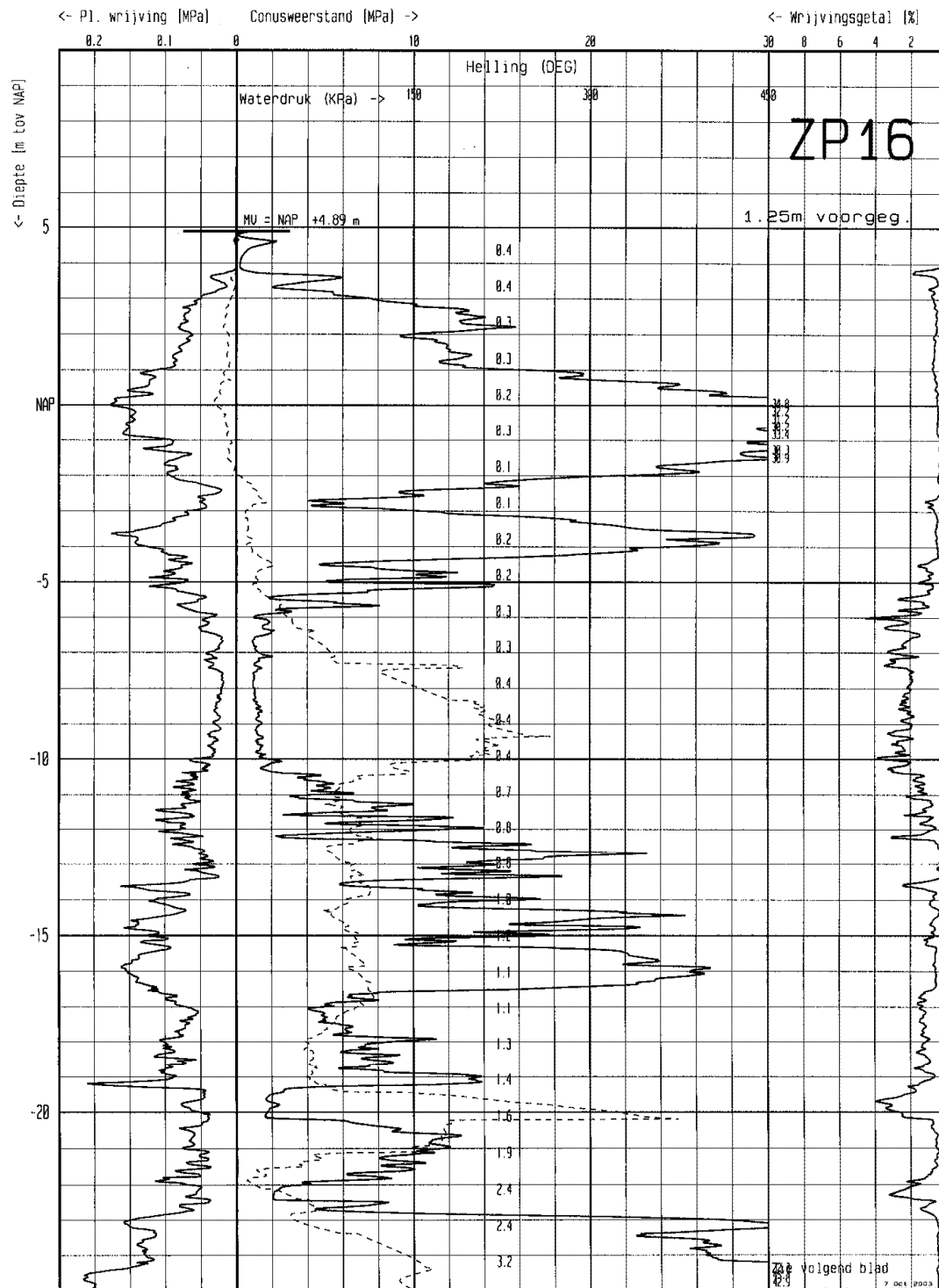
Figuur 14 Representatieve sondering voor gebied 13



Figuur 15 Representatieve sondering voor gebied 14



Figuur 16 Representatieve sondering voor gebied 15



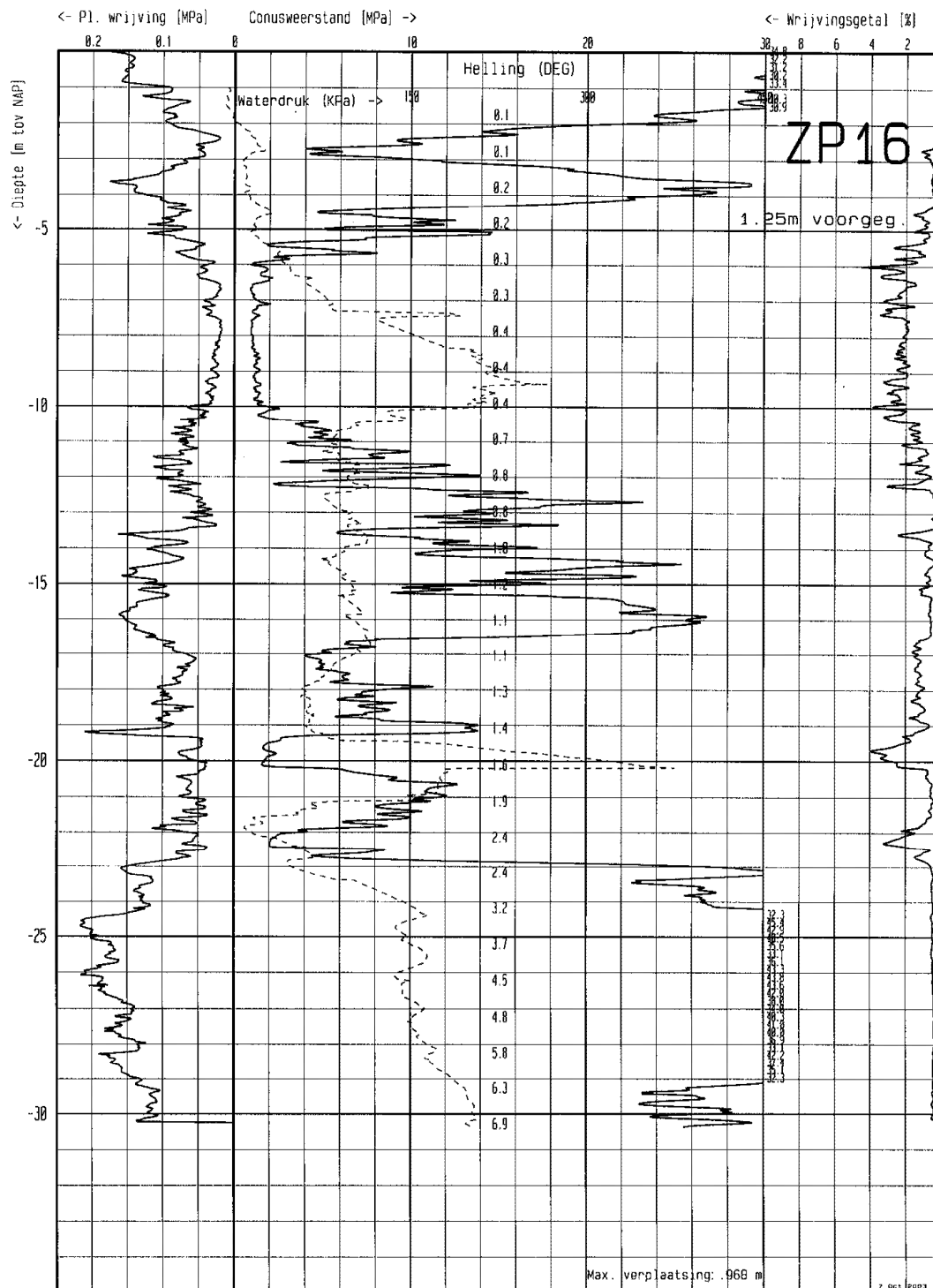
Project : waterkering h.v.h
Locatie : Rotterdam
Paraaf 1: 2:

Conus : Cil.elec kl-piezo
Nummer : CFP1MP 000717
Bereik : 50 kN
Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2

MAP : 2003-102
DATUM : 6-10-2003

Gemeentewerken
ROTTERDAM
Ingenieursbureau
Geotechniek

Figuur 17 Representatieve sondering voor gebied 16 (deel 1)



Project : waterkering h.v.h
 Locatie : Rotterdam
 Paraaf 1: 2:

Conus : Cil.elec kl-piezo
 Nummer : CFPIMP 000717
 Bereik : 50 kN
 Sondering volgens NEN 5140 Klasse 2

MAP : 2003-102
 DATUM : 6-10-2003



Gemeentewerken
 ROTTERDAM
 Ingenieursbureau
 Geotechniek

Figuur 18 Representatieve sondering voor gebied 16 (deel 2)

Bijlage 6: Lijst met bouwwerkzaamheden

De lijst met bouwwerkzaamheden, zoals opgenomen in Tabel 1, is gebaseerd op het definitieve ontwerp van de Hoekse Lijn van 31 maart 2014. In de tabel staat *TR* voor *Technische Ruimte*, *GRS* voor *GelijkRichterStation* en *SPB* voor *SpoorBeveiligingsStation*. Dit zijn allen technische ruimtes die noodzakelijk zijn voor het realiseren van de exploitatie van de Hoekse Lijn.

Alle werkzaamheden die trillingen veroorzaken en mogelijk tot schade of hinder kunnen leiden, zijn weergegeven middels een arcering in Tabel 1. Bij grondwerkzaamheden kan vooral het transport van grond voor hinder zorgen.

Tabel 1 *Overzicht bouwwerkzaamheden met kans op tijdelijke effecten*

Locatie		Type werkzaamheden		
Km.	Object	Heiwerkzaamheden	Trillen damwanden	Grondwerkzaamheden
0,1-0,4	viaduct aansluiting Schiedam			
0,5-0,7	uitbreiding viaduct aansluiting Schiedam			
0,7-0,8	verlenging viaduct aansluiting Schiedam			
0,8-1,3	talud aansluiting Schiedam + goederenopstelspoor			
1,1	viaduct Parkweg			
1,18	GRS Parkweg			
2,0-2,1	station SchiedamNieuwland			
2,2	SPB Nieuwland			
2,96	GRS Harga			
4,0-4,2	station Vlaardingen Oost			
4,22	SPB Vlaardingen Oost			
5,51	GRS Vlaardingen Centrum			
5,5-5,7	station Vlaardingen Centrum			
7,26	GRS Vlaardingen West			
7,6-7,8	station Vlaardingen West + TR			
8	SPB Vlaardingen West			
10,15	GRS Zuidbuurt			
11,8	SPB Maassluis Centrum			
12-12,2	station Maassluis Centrum + TR			
12,75	GRS Maassluis Centrum			
13,7-13,9	station Maassluis West + TR			
14,7-14,9	station Maassluis Steendijkpolder + TR			
15,1	GRS+SPB Maassluis Steendijkpolder			
17,76	GRS Maasdijk			
18,8	SPB Oranje Buitenpolder			
19,4-19,55	evacuatieperron			
19,77	GRS Oranje Buitenpolder			
22	SPB Hoek van Holland Haven			
22,7	GRS Hoek van Holland Haven			
23,08-23,18	station Hoek van Holland Haven			

Locatie		Type werkzaamheden		
Km.	Object	Heiwerkzaamheden	Trillen damwanden	Grondwerkzaamheden
23,08-23,19	Harwich Knoop			
23,9-24	station Hoek van Holland Strand (sloop)			
23,9	GRS+SPB Hoek van Holland Strand			
24-24,4	openbak of gelotenbak			
24,5	zandopvang			
24,8	station Hoek van Hollanf Strand II			