Ruimtelijke Onderbouwing
28 tijdelijke woningen Mimosastraat te Zwolle

Woningstichting SWZ
19-6-2018

Inhoud

1. Inleiding ... 2
   1.1 Aanleiding ... 2
   1.2 Plangebied ... 2
   1.3 Vigerende bestemmingsplan ... 4
   1.4 Projectuitvoeringsbesluit ... 4
2. Beschrijving plangebied ... 5
   2.1 Afbakening plangebied ... 5
   2.2 Uiteenzetting van de huidige situatie ... 5
3. Beleidskader ... 6
   3.1 Inleiding ... 6
   3.2 Ruimtelijk beleid ... 6
   3.3 Waterbeleid ... 11
4. Beperkingen ... 14
   4.1 Inleiding ... 14
   4.2 Luchtkwaliteit ... 14
   4.3 Externe veiligheid ... 14
   4.4 Bodemkwaliteit ... 16
   4.5 Archeologie ... 16
   4.6 Geluid ... 16
      4.6.1 Wegverkeerslawaai: ... 16
      4.6.2 Railverkeerslawaai: ... 16
      4.6.3 Geluidsisolatiewaarden woningen ... 18
   4.7 Trillingen ... 18
   4.8 Wet Natuurbescherming ... 19
   4.9 PAS ... 19
   4.10 Parkeren ... 20
   4.11 Waterhuishouding ... 21
5. Planbeschrijving ... 25
   5.1 Uiteenzetting van de toekomstige situatie ... 25
   5.2 Motivering, welstand en beeldkwaliteit van het bouwplan ... 25
   5.3 Welstandstoetsing/ stedenbouwkundige motivering ... 26
   5.4 Beschrijving van de te realiseren duurzaamheid ... 26
   5.5 Bouwmethode ... 26
6. Economische en maatschappelijke uitvoerbaarheid ... 29
   6.1 Beschrijving van de financieel-economische uitvoerbaarheid van het bouwplan ... 29
   6.2 Beschrijving van de maatschappelijke uitvoerbaarheid van het bouwplan ... 29

1. Inleiding

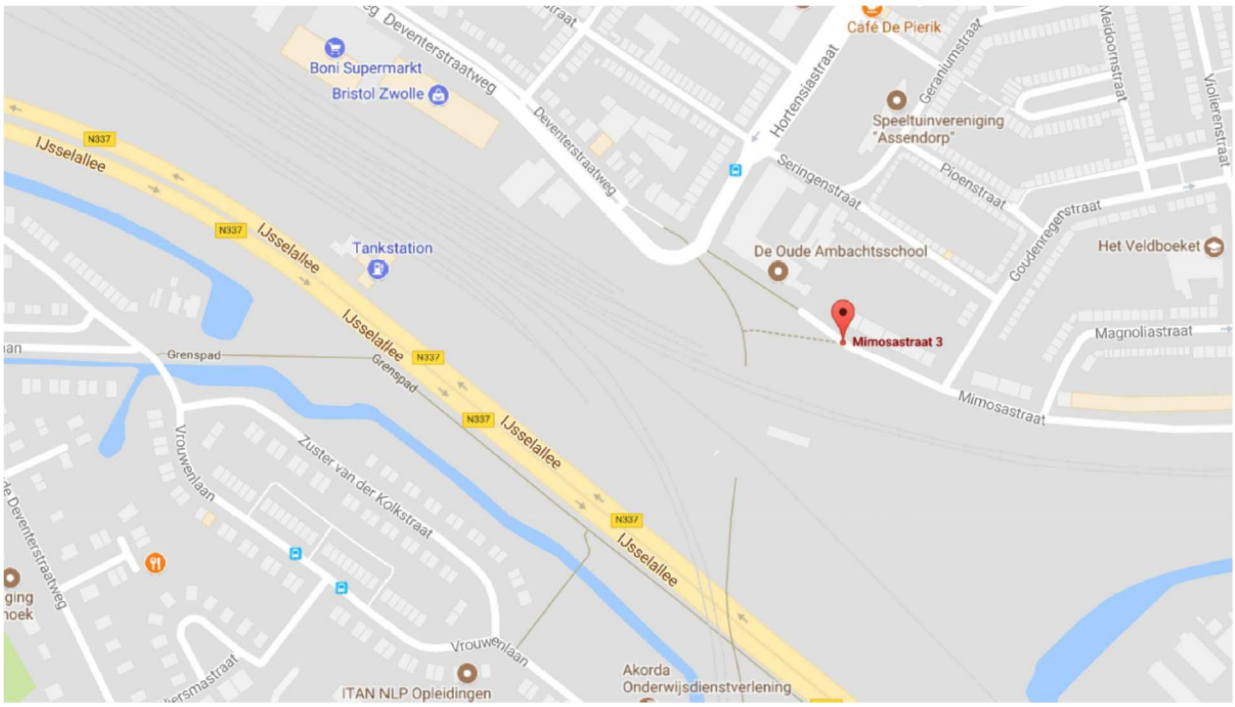
1.1 Aanleiding

Op locatie “De Vlindertuin” gelegen aan de Mimosastraat tussen De Oude Ambacht School (DOAS) en portieketageflat 4 t/m 27 zal SWZ, in samenwerking met de gemeente Zwolle, 28 semipermanente woningen realiseren. Het gaat om woningen welke gebouwd worden onder een tijdelijke vergunning voor de duur van 15 jaar. Het perceel is in eigendom van SWZ en wordt tot op heden gebruikt als gemeenschappelijke buurttuin door omwonenden.

In verband met mogelijke toekomstige herontwikkelingen kan het perceel de komende jaren tijdelijk worden ingericht met semipermanente woningen om tegemoet te komen aan de enorme druk op de Zwolse sociale huurwoningmarkt. Er is gekozen voor het concept van NEZZT, onderdeel van De Meeuw te Oirschot. Deze woningen zijn gemakkelijk te plaatsen en te verplaatsen, en daarmee geschikt voor tijdelijke invulling van deze locatie.

1.2 Plangebied

Het plangebied van het bestemmingsplan Assendorp ligt in de wijk Pierik. De locatie grenst aan DOAS, de portieketage woningen aan de Mimosastraat 4 t/m 27 alsmede aan de eengezinswoningen aan de Seringenstraat (achterzijde) en ten noorden van de spoorlijn Zwolle-Meppel.
De omliggende bebouwing is (op Seringenstraat 46 na), in bezit van SWZ.



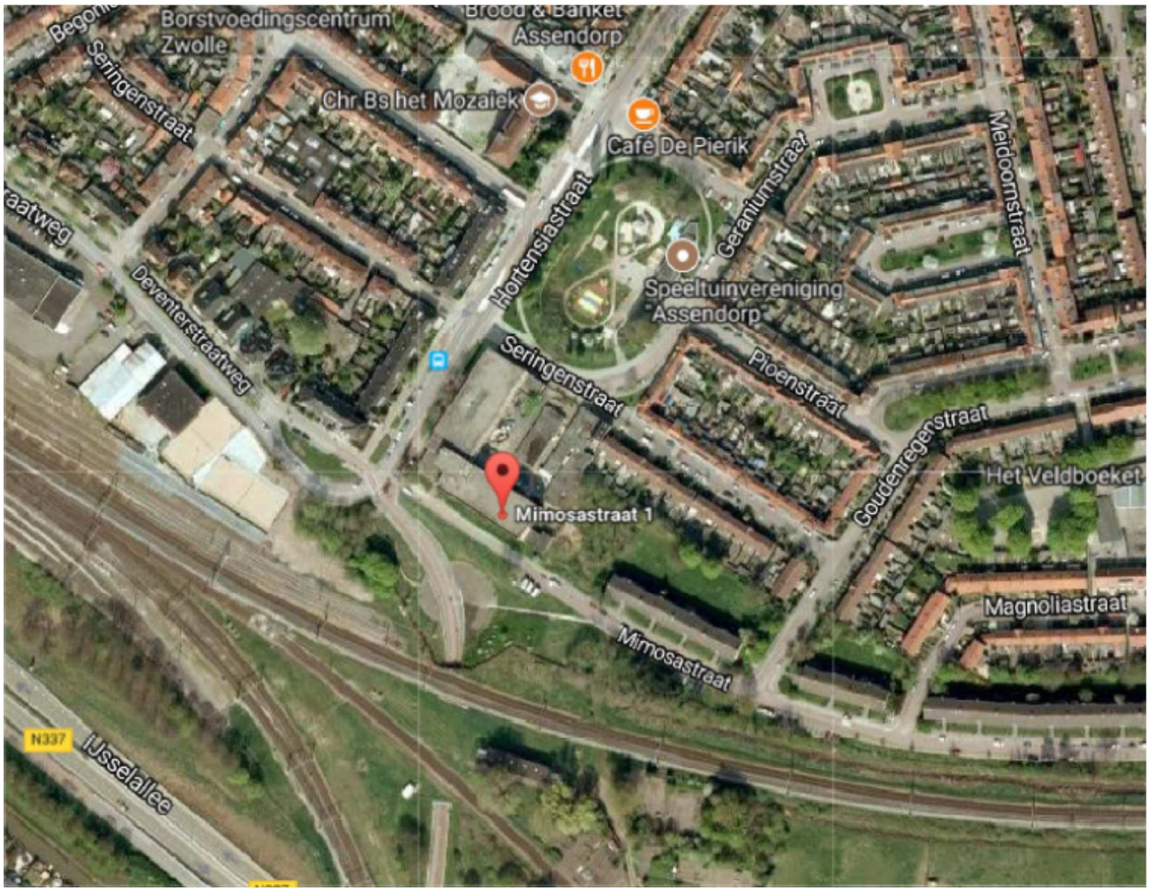
Locatie plangebied

De Pierik vormt een deel van de wijk Assendorp en is gebouwd in de jaren twintig. In 1928 werden de eerste 300 huizen gebouwd. Veel Zwollenaren menen dat de wijk is vernoemd naar aannemer Hendrik Pierik, die er veel huizen heeft gebouwd. Echter wordt er aangenomen dat de buurt zijn naam heeft te danken aan de boerderij De Pierik die er omstreeks 1825 stond, of aan het gelijknamige veld dat daar dichtbij lag. Aannemer Johannes Hendrikus Pierik (1888-1957) was in de jaren twintig begonnen met zijn activiteiten voor de bouw van de buurt.

Assendorp ligt ten zuiden van de binnenstad en is voor een deel de eerste wijk van Zwolle. Het is gebouwd met als doel sociale woningbouw toe te passen. De buurt oud-Assendorp is ontstaan begin 1900. De vele kleine eengezinswoningen waren bestemd voor arbeiders van het spoor. Meer dan driekwart van de woningen zijn eigen (koop)woningen. De buurt beschikt over veel voorzieningen langs en rond de Assendorperstraat. De binnenstad is dichtbij. Groen- en speelvoorzieningen zijn schaars. Kenmerkend voor Assendorp zijn de smalle woonstraatjes vol met geparkeerde auto's en

fietsen op de stoep. Met name voor starters - er wonen veel één- en tweepersoonshuishoudens - is Assendorp een gewilde wijk. Het aantal studenten in Assendorp is relatief zeer hoog (ongeveer 40% tegen 8% geheel Zwolle).

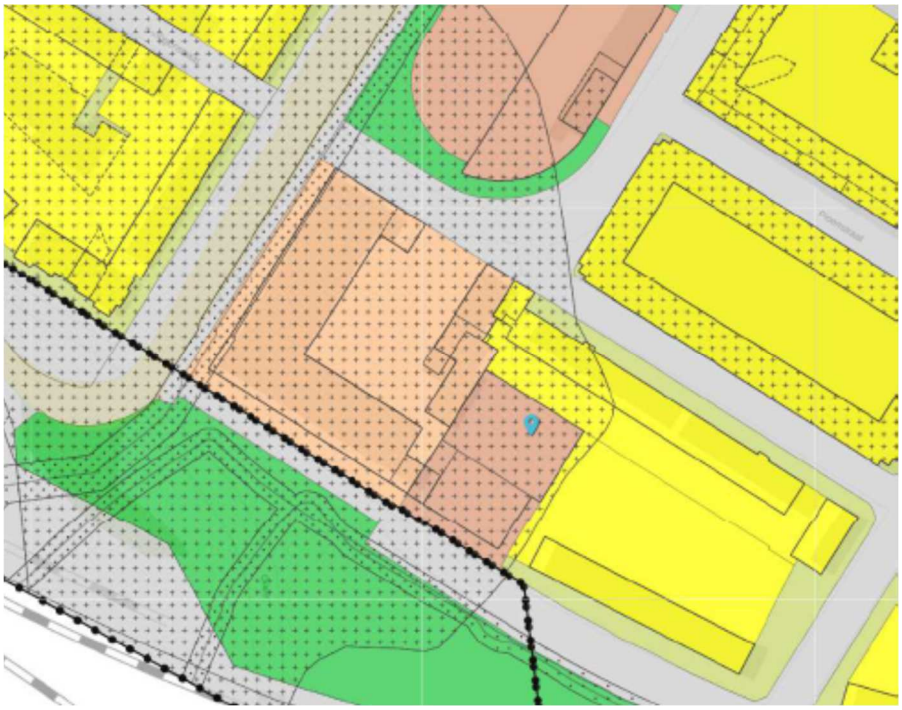
De Pierik is de meest oostelijk gelegen buurt in Assendorp. De Pierik is een buurt die vergrijst. Er zijn relatief zeer veel personen van 75 jaar en ouder (17% tegen 5% in heel Zwolle). De wijk heeft zowel smalle straatjes als ook straten die ruimer zijn opgezet en waar veel groen aanwezig is.



Luchtfoto van het plangebied

1.3 Vigerende bestemmingsplan

Het plangebied valt binnen het bestemmingsplan “Assendorp”, op 13 mei 2013 vastgesteld door de gemeenteraad van Zwolle.



Uitsnede vigerend bestemmingsplan

In dit bestemmingsplan heeft het betreffende plangebied de bestemming “maatschappelijk”. De voor “Maatschappelijk” aangewezen gronden zijn bestemd voor:

- Gebouwen ten behoeve van maatschappelijke voorzieningen;
- Bijzondere woonvormen.

Conform het vigerend bestemmingsplan bedraagt de maximale bouwhoogte op deze locatie aan de voorzijde (tot circa het midden van het perceel) 13 meter, aan de achterzijde 3 meter.

Daarnaast is ook het bestemmingsplan “Parapluplan parkeren” van toepassing, vastgesteld op 3 juli 2017 door de gemeenteraad van Zwolle. In dit bestemmingsplan wordt parkeren op eigen terrein voorgeschreven waarbij moet worden voldaan aan de parkeeropgave conform de Regeling parkeernormen 2016. Het plangebied van deze parapluherziening omvat het grootste deel van het gemeentelijk grondgebied.

De Regeling Parkeernormen 2016 is het kader voor het begrip “voldoende parkeer- of stallingsruimte dan wel laad- of losruimte in bestaande en op ontwikkeling gerichte nieuwe bestemmingsplannen. Ook is dit het beoordelingskader voor het verlenen van een omgevingsvergunning voor het bouwen en-/of gebruik.

Zwolle, parapluplan parkeren

1.4 Projectuitvoeringsbesluit

Aangezien het projectplan in strijd is met het vigerende bestemmingsplan (bestemming en bouwhoogte achterzijde) kan middels een projectuitvoeringsbesluit (onderdeel van de Crisis en herstelwet) een tijdelijke versnelling worden aangebracht in de besluitvorming. Het projectuitvoeringsbesluit vervangt alle vergunningen, ontheffingen, vrijstellingen en andere besluiten die wettelijk vereist zijn om het project uit te voeren. Het project voldoet bovendien aan de gestelde voorwaarden om in aanmerking te komen voor een projectuitvoeringsbesluit (bouw van tenminste 12 woningen en ten hoogste 1500 woningen met één ontsluitingsweg).

2. Beschrijving plangebied

2.1 Afbakening plangebied

Het plangebied wordt gevormd door een deel van het perceel Seringenstraat 42/ Mimosastraat 1 t/m 4a, gelegen in de wijk Assendorp te Zwolle, ten noorden van de spoorlijn Zwolle-Meppel. Het plangebied heeft een totale oppervlakte van circa 1100 m², en betreft een deel van het perceel kadastraal bekend als: gemeente Zwolle, sectie C met perceelnummer 1214.

Kadastrale kaart plangebied

2.2 Uiteenzetting van de huidige situatie

Het perceel is al sinds de jaren ’60 in bezit van SWZ maar nooit eerder in ontwikkeling geweest. Het terrein wordt sinds 2014 gebruikt als gemeenschappelijke buurttuin door omwonenden van het perceel.

3. Beleidskader

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen een aantal relevante onderdelen van het beleidskader aan de orde waaronder het kader van het rijksbeleid, het provinciale beleid en het gemeentelijk beleid.

3.2 Ruimtelijk beleid

Nationaal
In de Structuurvisie infrastructuur en Ruimte (SVIR) gaat de rijksoverheid in op het toekomstige beleid en de ambities omtrent ruimtelijke vraagstukken in Nederland. De SVIR heeft een horizon tot het jaar 2040. Het uitgangspunt is een bereikbaar, concurrerend, leefbaar en veilig Nederland. Tevens is decentralisatie een belangrijk begrip, om de toenemende ruimtelijke verschillen van Nederland maatwerk te bieden. Nederland wil in 2040 tot de top 10 meest concurrerende landen ter wereld blijven behoren.

Het Rijk richt zich primair op 13 nationale belangen. Voor die belangen is het Rijk verantwoordelijk en wil het resultaten boeken. Buiten deze 13 belangen hebben decentrale overheden beleidsvrijheid. Voor een goed werkende woningmarkt blijft het Rijk de rijks doelstellingen voor heel Nederland benoemen: de zorg voor voldoende omvang, kwaliteit en differentiatie van de woningvoorraad. Gemeenten zorgen voor de (boven)lokale afstemming van woningbouwprogrammering, binnen de provinciale kaders, en uitvoering van de woningbouwprogramma's.

Bij Rijksbeleid wordt in ruimtelijke onderbouwingen van Zwolle ingegaan op de Ladder voor duurzame verstedelijking. Per 1 juli 2017 is het Besluit ruimtelijke ordening ten aanzien van de ladder gewijzigd.

Artikel 3.1.6 lid 2 Bro
"De toelichting bij een bestemmingsplan dat een nieuwe stedelijke ontwikkeling mogelijk maakt, bevat een beschrijving van de behoefte aan die ontwikkeling, en, indien het bestemmingsplan die ontwikkeling mogelijk maakt buiten het bestaand stedelijk gebied, een motivering waarom niet binnen het bestaand stedelijk gebied in die behoefte kan worden voorzien.".
(Nb: deze bepaling is ook van toepassing op ruimtelijke onderbouwingen voor afwijkingen van het bestemmingsplan o.g.v. artikel 2.12, eerste lid, onder a, onder 3° van de Wabo, zo stelt artikel 5.20 Bor).

Stedelijke ontwikkeling
In artikel 1.1.1 is omschreven wat verstaan moet worden onder een stedelijke ontwikkeling. Namelijk een ruimtelijke ontwikkeling van bijvoorbeeld een woningbouwlocatie.
Op grond van jurisprudentie blijkt dat een initiatief vanaf 12 woningen of meer gezien wordt als een stedelijke ontwikkeling, waardoor de toetsing aan de ladder voor duurzame verstedelijking nodig is. Aangezien het initiatief de ontwikkeling van 28 appartementen omvat, is er sprake van een nieuwe stedelijke ontwikkeling.

Behoefte aan de ontwikkeling
De huidige prestatieafspraken liepen per 1 januari 2016 af. Het proces om te komen tot nieuwe prestatieafspraken is afgerond. Door de Stec groep is het rapport RWP West-Overijssel (Regionale Woon Programmering) opgesteld. In dit document - RWP West-Overijssel (Regionale WoonProgrammering) - is opgenomen wat de afspraken zijn in West-Overijssel en is voorgelegd aan de gemeentebesturen en provincie ter besluitvorming.

De gemeenten en de provincie hebben op 27 januari 2016 een samenwerkingsovereenkomst getekend waarin afspraken zijn gemaakt over woonregio's en nadere afspraken over aantallen woningen en afstemming met de regio. Dit rapport is in april 2017 geactualiseerd, zodat we nu de beschikking hebben over recente afspraken.

In dit rapport is aangegeven dat veruit de meeste verhuisbewegingen plaats vinden binnen de gemeentegrenzen. Daarmee zijn woningmarkten in West-Overijssel in eerste instantie lokaal georiënteerd. West-Overijsel wordt onderscheiden in vier subregio's zodat op lager schaalniveau naar de marktsituatie kan worden gekeken en afstemming van plannen kan plaatsvinden. Zwolle valt in de subregio Kop Zuid (Zwolle, Kampen en Zwartewaterland).

Voor West-Overijssel is de huishoudensprognose geactualiseerd. Daarvoor is een systematiek ontwikkeld waarbij 1) actuele marktinzichten worden betrokken, 2) ontwikkelingen op regionaal niveau worden meegewogen en 3) op lokaal niveau een stabieler beeld ontstaat over de verwachte huishoudensontwikkeling als basis voor programmering. Omdat prognoses gepaard gaan met enige onzekerheid maken de gemeenten in West-Overijssel de afspraak te werken met een bandbreedte.

Zowel de onderkant als de bovenkant van de bandbreedte hebben waarde. Dit voorkomt blindstaren op één getal en helpt gemeenten in West-Overijssel een stap te zetten naar meer kwalitatief en adaptief programmeren. De bovenkant van de bandbreedte kan worden opgezocht onder de volgende voorwaarden:

- Het betreft voornamelijk woningbouwplannen binnen de bebouwde kom van de gemeente;
- Indien sprake van overprogrammering heeft de gemeente een door provincie geaccordeerd deprogrammeerplan en is hier aantoonbaar mee aan de slag;
- Gemeenten hebben ook na tien jaar nog groei laten zien, gemeenten met krimp moeten extra onderbouwen waarom ze de bovenkant van de bandbreedte opzoeken (specifieke doelgroepen kunnen een rol spelen).

Alle gemeenten in West-Overijssel hebben hun harde plannen grondig geïnventariseerd en ingevuld in de planmonitor. Daarbij is een verschil gemaakt tussen onherroepelijke bestemmingsplannen met bouwtitel en plannen met een uitwerkingsplicht of wijzigingsbevoegdheid. Uitwerkingsplichten en wijzigingsbevoegdheden tellen mee als harde plancapaciteit. Zie tabel 1.

Wel dient in het kader van de Ladder en/of uitvoerbaarheid/goede ruimtelijke ordening nog een afweging plaats te vinden Monitoring van vraag en aanbod is een noodzakelijk en continu proces om gezamenlijke uitgangspunten actueel te houden.

Tabel 1: woningvoorraad en –aanbod per gemeente (periode 2017 t/m 2026)

Gemeente/ (sub)regio	Woningvraag periode 2017 t/m 2026	Beschikbare harde plancapaciteit			Vraag-aanbod verhouding 2017 t/m 2026
	Netto woningvraag (prognose)	Directe bouwtitel	Uitwerkings-plicht/ wijzigingsbevoegdheid	Totaal*	
Kop Noord					
Staphorst	465 tot 570	190	300	490	85 tot 105%
Steenwijkerland	1.065 tot 1.300	715	-	715	55 tot 65%
Kop Zuid					
Kampen	1.525 tot 1.865	735	405	1.140	60 tot 75%
Zwartewaterland	500 tot 610	235	240	475	80 tot 95%
Zwolle	4.910 tot 6.000	1.525	2.575	4.100	70 tot 85%
Vechtdal					
Hardenberg	1.365 tot 1.680	1.230	-	1.230	75 tot 90%
Dalfsen	840 tot 1.030	765	-	765	75 tot 90%
Ommen	310 tot 380	385	-	385	100 tot 125%
Salland					
Deventer	2.455 tot 3.000	1.495	800	2.295	75 tot 95%
Raalte	645 tot 785	725	-	725	90 tot 115%
Olst-Wijhe	420 tot 515	260	90	350	70 tot 85%

*Bron: provincie Overijssel (2017), actualisatie huishoudensprognose, 2017; opgave planaanbod door gemeenten via planmonitor, 2017. Bewerking Stec Groep (2017), afrondinsverschillen, afgerond op vijftallen. *een aantal gemeenten is voortvarend aan de slag met het deprogrammeren van harde bestemmingsplancapaciteit, zie hiervoor beeld en toelichting per gemeente.*

Het aantal van 28 appartementen te realiseren middels dit projectuitvoeringsbesluit, maakt deel uit van de zachte plancapaciteit. Gelet op het feit dat er een ondercapaciteit is in de vraag naar het aantal woningen, is er ruim voldoende kwantitatieve ruimte voor de woningen.

Procedure regionale afstemming
Zoals aangegeven werken gemeenten in Overijssel met dezelfde uitgangspunten om overprogrammering te voorkomen. Binnen de RWP is de afspraak gemaakt maximaal 100% van de gemeentelijke vraag naar woningen beschikbaar te maken in harde plannen.

Door te programmeren voor de eigen behoefte zorgen gemeenten ervoor dat er geen overaanbod in harde plannen ontstaat op de (regionale) woningmarkt. Hierdoor gaat er in principe geen extra aanzuigende werking uit naar huishoudens van andere gemeenten. Daarbij zijn migratiecijfers verwerkt in de huishoudensprognose en daarmee ook de regionale behoefte.

In de samenwerkingsovereenkomst hebben de provincie en de gemeenten in West Overijssel opgenomen dat ten behoeve van zuinig en zorgvuldig ruimtegebruik en de regionale onderbouwing en afstemming voor de ladder van duurzame verstedelijking gemeenten en provincie afspraken maken over programmeren. Deze zijn verder uitgewerkt in rapport RWP.

De afspraken over de regionale afstemming zijn de volgende:
- Gemeenten stemmen woningbouwplannen vanaf 25* woningen binnen bestaand stedelijk gebied af met gemeenten in de subregio. Er is sprake van een regionaal afgestemd plan zodra melding is gemaakt en mogelijkheid is geboden mee te denken over het woonplan.
- Gemeenten stemmen woningbouwplannen vanaf 25* woningen buiten bestaand stedelijk gebied af met gemeenten in de subregio en andere planrelevante gemeenten.
- Er is sprake van een regionaal afgestemd plan, zodra de meerderheid van de subregio en planrelevante gemeenten hebben ingestemd.

* Voor woningbouwplannen van de gemeenten Deventer en Zwolle ligt de ondergrens hoger. In deze gemeenten worden woningbouwplannen vanaf 50 woningen regionaal afgestemd. Het plan is regionaal afgestemd. Gemeenten in de subregio vinden het plan daarmee ook passend binnen de Ladder en programmering in de regio.

Woonvisie
Vanuit het woningbouwprogramma is de omslag gemaakt van programmeren naar stimuleren, zodat vanuit de kracht van de locatie en met de nodige flexibiliteit kan worden ingespeeld op de marktvraag. De gemeente schrijft niet vooraf in detail voor welke woningen, waar en wanneer gebouwd moeten worden. Maar vanuit haar publieke rol toetst de gemeente de plannen op ruimtelijke kwaliteit en het ontstaan van een mix van producten en woningtypen.

Voor de Woonvisie is een inventarisatie uitgevoerd naar belangrijke trends en ontwikkelingen, die van invloed zijn op de woningvraag:
- Het aantal huishoudens in Zwolle neemt sterk toe: van 57.276 huishoudens in 2016 tot 64.741 in 2040. Ook onder nieuwe vestigers is Zwolle populair. Er zijn 5.500 – 6.000 nieuwe woningen nodig tot 2027 en 10.000 tot 2040.
- Zwolle is een jonge stad: 85% van de inwoners is jonger dan 65 en 22% is jonger dan 18. Het aantal kinderen en jongeren groeit nog en daarmee blijft er vraag naar eengezinswoningen.
- Het aantal 65-plussers neemt toe: in 2030 zijn er 44% meer 65-plussers ten opzichte van 2016. De vergrijzing en langer zelfstandig wonen vergt de komende jaren extra aandacht.
- Het aantal een- en tweepersoonshuishoudens neemt aanzienlijk toe en daarmee de vraag naar kleinere woningen (tot 3 kamers).
- Starters en jongere huishoudens zijn onder de woningzoekenden oververtegenwoordigd. Daarnaast is er woningdruk door de uitstroom uit beschermd wonen en van statushouders.

- De vraag naar vrije sector huur en woningen (huur en koop) in het goedkope segment is relatief groot.

In dit plan wordt voorzien in woningen in de sociale huursector. Deze voorziet in een kwalitatieve behoefte.

Ontwikkeling binnen bestaand stedelijk gebied
Als de woningbouwontwikkeling voorziet in een behoefte en gepland is binnen bestaand stedelijk gebied dan wordt voldaan aan de Ladder.

Als bestaand stedelijk gebied wordt aangemerkt:
"bestaand stedenbouwkundig samenstel van bebouwing voor wonen, dienstverlening, bedrijvigheid, detailhandel of horeca, en ook de daarbij behorende openbare of sociaal culturele voorzieningen, stedelijk groen en infrastructuur".

In de behoefte kan worden voorzien op een locatie binnen het bestaand stedelijk gebied en voldoet daarmee aan de Ladder.

Conclusie
Het bouwplan voor 28 sociale huurwoningen voorziet in een behoefte, wordt gerealiseerd binnen bestaand stedelijk gebied en voldoet hiermee aan de ladder.

<u>Provinciaal beleid: Omgevingsvisie en Omgevingsverordening</u>
Provinciale Staten van Overijssel hebben op 12 april 2017 de 'Omgevingsvisie Overijssel 2017. Beken kleur en Omgevingsverordening Overijssel 2017' vastgesteld. Deze visie gaat over hoe wij gezamenlijk de leefomgeving in onze provincie willen inrichten en ontwikkelen.
De Omgevingsvisie Overijssel is dé provinciale visie voor de fysieke leefomgeving van Overijssel en heeft een wettelijke basis in het omgevingsrecht (straks: de Omgevingswet). In de omgevingsvisie worden onderwerpen bekeken als ruimtelijke ordening, milieu, water, verkeer en vervoer, ondergrond en natuur in samenhang voor een duurzame ontwikkeling van onze leefomgeving. Het beleid voor de fysieke leefomgeving staat primair in dienst van de sociaaleconomische ontwikkeling van Overijssel. Ontwikkeling die nodig is om Overijssel toekomstbestendig te houden.

Beleid: Overijssel in 2030, daar werken we nu aan
Om te bepalen of een initiatief bijdraagt aan de visie wordt het Uitvoeringsmodel Omgevingsvisie Overijssel gebruikt. In het uitvoeringsmodel staan de stappen of, waar en hoe centraal. Of een initiatief mogelijk is, wordt onder andere bepaald door provinciale generieke beleidskeuzes, de ontwikkelingsperspectieven geven richting aan waar wat ontwikkeld kan worden en de gebiedskenmerken spelen een belangrijke rol bij de vraag hoe een initiatief ingepast kan worden.

De sturingsfilosofie van de provincie is als volgt samen te vatten: als sprake is van een bepaalde ontwikkeling, dan moet eerst worden nagegaan, aan de hand van de generieke beleidsuitgangspunten die in de Omgevingsvisie zijn opgenomen, of er behoefte is aan de ontwikkeling. Indien dat zo is, moet worden nagegaan of de gekozen plek geschikt is voor het aldaar doorvoeren van de ontwikkeling.

Om antwoord te kunnen geven op die laatste vraag dient de ontwikkelingsperspectievenkaart bekeken te worden. Wanneer uit die kaart blijkt dat een ontwikkeling, zoals gepland, niet in strijd is met deze kaart, kan verder worden bezien hoe de ontwikkeling vormgegeven moet worden. Hierbij heeft de provincie gekozen voor een vierlagenbenadering, in welke benadering vier kaarten/lagen worden onderscheiden.

Dit zijn de natuurlijke laag, de laag van het agrarische cultuurlandschap, de stedelijke laag en de laag van de beleving. Samen met de catalogus gebiedskenmerken kan worden geconstrueerd welke kenmerken per laag van belang zijn om rekening mee te houden bij de planvorming.

Voor het plangebied wordt hieronder deze bovengenoemde punten beschreven.

"7.1.3 Concentratiebeleid

Het concentratiebeleid van de provincie Overijssel houdt in dat stedelijke ontwikkelingen (wonen, werken en voorzieningen) zoveel mogelijk geconcentreerd worden in de stedelijke netwerken Twente (Enschede, Hengelo, Almelo, Oldenzaal en Borne), Zwolle-Kampen en Deventer Stedendriehoek. Daar mag gebouwd worden voor de (boven)regionale behoefte. De kernen Hardenberg en Steenwijk kunnen bouwen voor de regionale behoefte mits dit past binnen de regionale programmering.

In de onderbouwing van nieuwe initiatieven geeft de gemeente inzicht in de wijze waarop daarmee wordt voorzien in de behoefte van deze gemeente."

"7.1.4 (Boven)regionale afstemming

De verplichting tot (boven)regionale afstemming is erop gericht om gemeenten gezamenlijk verantwoordelijkheid te laten nemen voor de regionale programmering van woningbouw, werklocaties en stedelijke voorzieningen. Ook wanneer een gemeente alleen voorziet in haar eigen (lokale) behoefte is onderlinge afstemming gewenst, omdat het aanbod in een gemeente aan woningen, werklocaties en voorzieningen onderdeel uitmaakt van een regionale markt.

Wij zien het als onze taak om ervoor te zorgen dat het proces van regionale afstemming zodanig vorm krijgt dat daardoor vraag en aanbod per regio in balans is of wordt gebracht.

In de onderbouwing van nieuwe initiatieven geeft de gemeente inzicht in de wijze waarop invulling is gegeven aan de (boven)regionale afstemming."

"8 Ontwikkelingsperspectieven (waar)

8.2.1.2 Woon- en werklocaties binnen de stedelijke netwerk

Rond de binnensteden liggen de diverse woon- en werklocaties, elk met hun eigen woon-, werk- of mixmilieu. Herstructurering en transformatie moeten deze vitaal en aantrekkelijk houden en de diversiteit aan milieus versterken. Herstructurering en transformatie bieden kansen om te anticiperen op klimaatverandering (bijvoorbeeld door ruimte voor groen, natuur of water te reserveren). Van belang is de stedelijke ontwikkeling altijd af te stemmen op de kenmerken van het watersysteem, bijvoorbeeld door in laaggelegen gebieden bij bouw- en evacuatieplannen rekening te houden met risico’s op overstroming of wateroverlast. Herstructurering en transformatie kunnen ook bijdragen aan de energietransitie (door het nemen van energie-efficiënte maatregelen en/of het opwekken van duurzame energie door bijvoorbeeld het aanwezige dakoppervlak te benutten)".

Gebiedskenmerken

Het plangebied is onderdeel van de stedelijke omgeving van Zwolle. Het maakt deel uit van het gebied, dat is aangemerkt als 'Bestaande woonmilieus binnen de stedelijke netwerken'.

In de omgevingsvisie wordt voor deze gebieden de volgende ontwikkelingsrichting aangegeven:

Richting

Als ontwikkelingen plaats vinden in historische centra, binnensteden en landstadjes, dan dragen deze bij aan behoud en versterking de mix van functies, het historisch gegroeide patroon van wegen en openbare ruimten en de leefbaarheid. Grote bouwopgaven, zoals bij herstructurering, inbreiding of intensivering van woon-, werk-, en voorzieningen milieus worden ingepast met respect voor de historie, het individuele karakter van de bebouwing en de leefbaarheid, in relatie tot de problematiek van verkeer en parkeren.

Inspiratie

Nieuwe bebouwing is individueel en afwisselend; voegt zich in de structuur van de omgeving.

Ambitie

Vitale stads- en dorpscentra met een gevarieerd functioneel en ruimtelijk beeld. Eigen karakter van het centrum wordt opgezocht en versterkt. Het patroon van straten, pleinen en andere openbare ruimten wordt in stand gehouden en waar mogelijk versterkt of hersteld. Archeologische en historische waarden worden zichtbaar gemaakt en ingezet ter versterking van de eigen identiteit van gebieden. Cultuurhistorisch waardevolle en beeldbepalende gebouwen krijgen waar nodig nieuwe functies en economische dragers. Bijzondere condities (Waterfront, stationsgebied) worden benut.

Behouden en versterken van de leefbaarheid van de centra door het behouden en versterken van de mix van functies (bijvoorbeeld door het stimuleren van wonen boven winkels) en integrale oplossingen voor de functionele claim op de openbare ruimte (bijvoorbeeld door het toepassen 'shared space' concept: een integrale herinrichting van weg en omgeving met minimaal gebruik van verkeersborden, belijning, gescheiden rijbanen, drempels etc.).

Conclusie
Gezien de bovenstaande ontwikkelingsperspectieven en gebiedskenmerken voldoet de ontwikkeling in het plangebed aan het provinciale beleid.

Gemeentelijk beleid: Structuurplan Zwolle 2020
In 2008 heeft de gemeenteraad van Zwolle het opgestelde “Structuurplan Zwolle 2020” vastgesteld. Het Structuurplan geeft op hoofdlijnen een visie op de gewenste sociale, economische en ruimtelijke structuur in 2020. Zwolle wil zich de komende jaren verder ontwikkelen tot een veelzijdig regionaal en landsdelig centrum voor Noord- en Oost-Nederland. Onderhavig plangebied ligt in het gebied “Woongebied” (stedelijk/groen stedelijk/dorps). Binnen dit gebied ligt de nadruk op de woonfunctie met bijbehorende voorzieningen. De kwaliteit en vitaliteit van de bestaande wijken moet op peil blijven en waar mogelijk worden verbeterd. Enkele oude wijken, zoals delen van Assendorp en Pierik, lijken kwetsbaar. Bij kansen voor inbreiding moet worden beoordeeld welke samenstelling van het woningprogramma optimaal bijdraagt aan de versterking van de kwaliteit en vitaliteit van de buurt. Ook wordt er beoordeeld voor welke doelgroep en leefstijl de woningen bestemd worden.

Het plangebied wordt in het structuurplan aangemerkt als 'stedelijk' woonmilieu. Beschreven wordt dat het stedelijk wonen een grote variatie aan milieutypen kent. De nadruk ligt op compacte voor- en naoorlogse woonmilieus met een bruto dichtheid van 30-50 woningen per hectare.

Conclusie
Het plan voor de realisatie van de 28 semipermanente woningen draagt zeker bij aan een optimale samenstelling van het woningprogramma en de als maar stijgende vraag naar kleine betaalbare woningen voor de desbetreffende doelgroep (urgent woningzoekenden). Het plan draagt ook bij aan de kwaliteit alsmede vitaliteit van de buurt. De ontwikkeling past dus binnen de beleidskaders zoals verwoord in het Structuurplan 2020 van de gemeente Zwolle.

3.3 Waterbeleid

Europees en nationaal beleid
Duurzaam schoon oppervlaktewater en bescherming van het drinkwater voor de toekomst. Dat zijn heel in het kort de belangrijkste doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en het Waterbeheer 21e eeuw (WB21), die voortaan samengaan via het Nationaal Bestuursakkoord Water.

Waterwet
De Waterwet stelt integraal waterbeheer op basis van de watersysteembenadering centraal. Er wordt uitgegaan van het geheel van relaties tussen waterkwaliteit, waterkwantiteit, oppervlaktewater, grondwater, watergebruikers en grondgebruikers. Hierbij wordt het kader geschept voor het Nederlandse waterbeheer in de komende decennia. Per 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. De beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen wordt nu gebaseerd op de overstromingskans. In 2050 moeten de waterkeringen voldoen aan de normen die per 1 januari 2017 van kracht zijn.

Waterbeheer 21e eeuw
De commissie Waterbeheer 21e eeuw (WB21) is gevraagd advies uit te brengen over de waterhuishoudkundige inrichting van Nederland, rekening houdend met ontwikkelingen zoals klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelstijging. Deze ontwikkelingen stellen strengere eisen aan het waterbeheer. In WB21 wordt uitgegaan van twee principes (tritsen) voor duurzaam waterkwantiteit- en waterkwaliteitsbeheer:

- Vasthouden, bergen en vertraagt afvoeren;
- Schoonhouden, scheiden en zuiveren.

Bij “vasthouden, bergen, afvoeren” wordt regenwater zoveel als mogelijk bovenstrooms vastgehouden in de bodem en het oppervlaktewater. Wanneer toch een wateroverschot ontstaat, wordt het water eerst tijdelijk geborgen in bergingsgebieden en dan pas afgevoerd. Bij “schoonhouden, scheiden en zuiveren” gaat het om een voorkeurvolgorde, waarbij de voorkeur uitgaat naar het voorkomen van verontreiniging (schoonhouden). Als toch verontreiniging ontstaat, moeten schoon- en vuilwater zoveel mogelijk worden gescheiden. Ten slotte wordt het verontreinigde water zo goed mogelijk gezuiverd.

Deltawet
Het doel van de Deltawet, aangenomen op 28 juni 2011, is ons land nu en in de toekomst beschermen tegen hoogwater en de zoetwatervoorziening op orde houden.
De afgelopen eeuw is de zeespiegel gestegen, de bodem gedaald en het is warmer geworden. Dat zet door, blijkt uit de cijfers van het KNMI. Hevigere weersomstandigheden, zoals meer regen en periodes van droogte, zijn zaken om rekening mee te houden. Het Deltaprogramma is er om ons land voor te bereiden op de toekomst. En om daarbij de juiste maatregelen te nemen voor een veilig en aantrekkelijk Nederland met voldoende zoetwater. In het Deltaprogramma werken het rijk, provincies, gemeenten en waterschappen samen met maatschappelijke organisaties, bedrijfsleven en kennisinstituten. Dit gebeurt onder regie van de Deltacommissaris. De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu is de coördinerend bewindspersoon voor het Deltaprogramma.
In het Deltaprogramma staan vijf deltabeslissingen centraal:

1. De normen van onze belangrijkste dijken en andere waterkeringen en de strategieën voor onze waterveiligheid;
2. De beschikbaarheid en verdeling van zoetwater;
3. Het peil van het IJsselmeer;
4. De manier waarop gebieden veilig kunnen blijven zonder aan economische waarde in te boeten en;
5. Hoe bij het bouwen van buurten en wijken rekening kan worden gehouden met water.

Provinciaal beleid
De Provincie Overijssel heeft haar beleid vastgelegd in een Omgevingsvisie en een Omgevingsverordening. De Omgevingsvisie heeft tevens de status van Regionaal Waterplan onder de nieuwe Waterwet, de status van Provinciaal Waterhuishoudingsplan onder de Wet op de waterhuishouding tot de inwerkingtreding van de Waterwet en de status van Milieubeleidsplan onder de Wet milieubeheer.

Waterschapsbeleid
Het beleid van waterschap DOD is beschreven in het Waterbeheerplan 2016-2021 en de beleidsnotitie stedelijk waterbeheer Water Raakt! (2015). Het waterschap zorgt voor de waterveiligheid, zodat inwoners veilig kunnen wonen, werken en recreëren. Zij beheert en onderhoudt dijken en kades om het risico op overstromingen en wateroverlast te beperken. Door klimaatverandering neemt de kans hierop toe. De economische waarde van huizen, bedrijven en infrastructuur is de laatste decennia sterk gestegen. Daardoor zal de schade bij een onverhoopte overstroming veel groter zijn dan vroeger. Om de gevolgen te beperken, adviseert zij bij ruimtelijke ontwikkelingen en is zij voorbereid op crisissituaties. Daarnaast werkt zij aan het vergroten van de bewustwording van risico’s op wateroverlast en overstromingen.

De ruimtelijke inrichting wordt de komende decennia klimaatbestendiger en water robuuster. De overheden gaan gezamenlijk en systematisch aan het werk om de bebouwde omgeving bij (her)ontwikkeling beter bestand te maken tegen hitte, droogte, wateroverlast en eventuele overstromingen.

Ruimtelijke aanpassingen kunnen bijdragen aan het voorkomen van een overstroming of wateroverlast en het beperken van eventuele gevolgen. Het waterschap adviseert hierover aan provincies en gemeenten. Daarnaast gaat het in deze zogenaamde tweede laag van het principe van meerlaagsveiligheid ook om de bijdrage die inwoners, gemeenten, provincies en belangenorganisaties zelf kunnen leveren aan waterveiligheid. De betrokkenheid vanuit de samenleving bij de gewenste veiligheid is een belangrijk aandachtspunt in de planperiode.

Om de initiatiefnemer van een ruimtelijk plan en de waterbeheerder in een zo vroeg mogelijk stadium met elkaar in gesprek te brengen wordt als procesinstrument de watertoets ingezet. De watertoets is in 2003 verankerd in het Besluit Ruimtelijke Ordening (BRO)..

Gemeentelijk beleid
Gemeente Zwolle heeft in de Wateragenda (2015) uitgangspunten vastgelegd om vorm te geven aan de opgaven rondom water en (aanpassen aan het) klimaat. Gemeente Zwolle heeft haar beleid ten aanzien van hemelwaterinfiltratie vastgelegd in de gemeentelijke bouwverordening. Verder zijn in het Gemeentelijk Rioleringsplan 2016-2020 ontwerprichtlijnen en beleidskeuzes beschreven waaraan voldaan moet worden.

Conclusie
Het plan is in overeenstemming met het waterbeleid.

4. Beperkingen

4.1 Inleiding

De realisatie van het complex op een binnenstedelijke locatie is gebonden aan diverse randvoorwaarden en uitgangspunten. Veelal worden die ingegeven door beperkingen op het gebied vanuit de aspecten milieu en veiligheid. In dit hoofdstuk worden alle relevante beperkingen voor de ontwikkeling van het complex toegelicht en gemotiveerd.

4.2 Luchtkwaliteit

Op 15 november 2007 is een nieuw wettelijk stelsel voor luchtkwaliteitseisen van kracht geworden. In dit stelsel speelt het begrip “niet in betekenende mate”(NIBM) een belangrijke rol. Een project is NIBM als aannemelijk wordt gemaakt dat het project een toename van de concentratie van niet meer dan 3% veroorzaakt. In dat geval hoeft geen verdere toetsing van de gevolgen van de ontwikkeling aan de grenswaarden plaats te vinden.

Middels de NIBM-tool is uitgerekend dat de bijdrage van het extra verkeer NIBM is. Hierbij is uitgegaan van 15 auto’s die gemiddeld 4 verkeersbewegingen per dag maken:

Worst-case berekening voor de bijdrage van het extra verkeer als gevolg van een plan op de luchtkwaliteit

	Jaar van planrealisatie	**2018**
Extra verkeer als gevolg van het plan		
	Extra voertuigbewegingen (weekdaggemiddelde)	60
	Aandeel vrachtverkeer	0,0%
Maximale bijdrage extra verkeer	NO_2 in µg/m^3	0,05
	PM_{10} in µg/m^3	0,01
Grens voor "Niet In Betekenende Mate" in µg/m^3		1,2
Conclusie		
De bijdrage van het extra verkeer is niet in betekenende mate; geen nader onderzoek nodig		

Berekening NIBM-tool

4.3 Externe veiligheid

SWZ heeft door onderzoeksbureau DPA Cauberg-Huygen een beoordeling gemaakt van de externe veiligheidsrisico’s die verband houden met de voorgestelde ontwikkeling. De locatie ligt binnen 200 meter van de spoorlijn Zwolle-Herfte aansluiting, waarover transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt. Inzicht in de externe veiligheid is daarom nodig. De onderzoeksresultaten zijn neergelegd in het rapport “Externe Veiligheid spoor Project Mimosastraat Zwolle” Van DPA Cauberg-Huygen (rapport 03567-22901-01) gedateerd 16 oktober 2017.

<u>Wet- en regelgeving</u>
Het transport van gevaarlijke stoffen brengt risico’s met zich mee door de mogelijkheid dat bij een ongeval gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen. Het risico voor personen die verblijven in de omgeving wordt gevat onder het begrip externe veiligheid (EV). Voor het transport van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor en het binnenwater is een risiconormering vastgesteld. In het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) zijn de regels opgenomen voor de ruimtelijke ordening. Voor infrabesluiten zijn de regels vastgelegd in de Beleidsregels EV-beoordeling Tracébesluiten (de Beleidsregels).

Op 1 april 2015 is het Basisnet volledig in werking getreden. Het basisnet bestaat uit een aangewezen aantal routes (wegen, spoorwegen en vaarwegen) waarop het mogelijk moet zijn en blijven om gevaarlijke stoffen te vervoeren. Het doel van het Basisnet is het vastleggen en waarborgen van een duurzame balans tussen het vervoer van gevaarlijke stoffen, de ruimtelijke omgeving en de veiligheid van mensen die wonen en werken langs de route. Het Basisnet stelt grenzen aan het risico vanwege het vervoer van gevaarlijke stoffen over wegen, vaarwegen en spoorlijnen alsmede aan ruimtelijke ontwikkelingen langs die wegen, vaarwegen en spoorlijnen. Voor elke weg, spoorlijn en vaarweg die deel uitmaakt van het Basisnet, is vastgesteld hoeveel risico het vervoer van gevaarlijke stoffen over die weg, spoorlijn of vaarweg maximaal mag veroorzaken. De basisnetroutes en deze zogenoemde “risicoplafonds” zijn vastgelegd in de regeling basisnet.

Risicobenadering
De risicobenadering externe veiligheid kent twee begrippen om het risiconiveau voor activiteiten met gevaarlijke stoffen in relatie tot de omgeving aan te geven. Deze begrippen zijn het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR).

Plaatsgebonden risico
Met het PR wordt de aan te houden afstand geëvalueerd tussen de activiteit en kwetsbare functies in de omgeving. Of een functie kwetsbaar of beperkt kwetsbaar is, is te vinden in het Besluit externe veiligheid Inrichtingen (Bevi). Voorbeelden van kwetsbare objecten zijn woningen, scholen, ziekenhuizen en grote kantoorgebouwen. Beperkt kwetsbare objecten zijn onder andere verspreid liggende woningen, sporthallen en bedrijfsgebouwen.

Bij het Basisnet Spoor gelden de afstanden die in bijlage 2 bij de Regeling Basisnet zijn opgenomen. Voor het traject ter hoogte van de beoogde ontwikkeling geldt een PR-plafond van 7 m. Dit betekent dat het plaatsgebonden risico vanwege het vervoer van gevaarlijke stoffen op 7 m, gemeten vanuit het midden van de spoorbundel, niet meer mag bedragen dan 10^{-6} per jaar. Het plaatsgebonden risico vormt daarmee geen belemmering voor het plangebied.

Groepsrisico
Met het GR wordt geëvalueerd of als gevolg van een ongeval een groot aantal slachtoffers kan vallen, doordat een grote groep personen blootgesteld wordt.

Het groepsrisico is berekend voor de huidige en toekomstige situatie. Uit het onderzoek blijkt dat de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico niet wordt overschreden. De voorgenomen ontwikkeling leidt niet tot een toename van het groepsrisico.

Omdat het groepsrisico kleiner is dan 0.1 keer de oriëntatiewaarde, kan een verantwoording van het groepsrisico achterwege blijven. Wel dient het bestuur van de veiligheidsregio in de gelegenheid te worden gesteld om advies uit te brengen. In de toelichting bij het besluit dient in elk geval in te worden gegaan op de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp en de mogelijkheden voor personen om zich in veiligheid te brengen indien een ramp zich voordoet.

Plasbrandaandachtsgebied
In de regeling Basisnet is voor het hier beschouwde traject een plasbrandaandachtsgebied (PAG) voorgeschreven. Het PAG is het gebied tot 30 m van het spoor waarin, bij de realisering van (kwetsbare) objecten, rekening dient te worden gehouden met de effecten van een plasbrand. De 30 m voor het PAG wordt gemeten vanaf de buitenste spoorstaaf van de spoorbundel.
De ontwikkeling ligt op meer dan 50 tot de buitenste spoorstaaf van de spoorbundel. Er hoeft derhalve geen rekening te worden gehouden met de effecten van een plasbrand.

4.4 Bodemkwaliteit

TAUW heeft eind augustus 2016 in opdracht van SWZ een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd voor het plangebied. De resultaten zijn vastgelegd in het rapport “Verkennend bodem- en asbestonderzoek Mimosastraat tussen nummer 1 en 3 te Zwolle” d.d. 30 augustus 2016.

Uit het onderzoek is naar voren gekomen dat het gehele perceel, over een diepte van circa 80 cm, puin, asbest en hoge kopergehalten bevat. Een aanvullend onderzoek (“Nader asbest- en bodemonderzoek Mimosastraat tussen nummer 1 en 3 te Zwolle” d.d. 27 september 2016) heeft vervolgens uitgewezen dat de aangetroffen hoeveelheden asbest en kopergehalte onder de wettelijke toegestane normen blijven.

Voordat er gestart wordt met de werkzaamheden zal SWZ het hele terrein over een diepte van 80 cm gaan saneren. Ten behoeve van deze sanering zal er voor aanvang van de werkzaamheden een plan van aanpak worden opgesteld en worden voorgelegd aan adviseur Milieu van de gemeente Zwolle. Op basis van de onderzoeken kan geconcludeerd worden dat de bodemkwaliteit geen belemmering vormt voor de tijdelijke functieverandering.

4.5 Archeologie

Na sanering van de grond zal er nog een verkennend archeologisch onderzoek vanuit de gemeente gaan plaatsvinden. Het gebied valt bestemmingsplan technisch onder waarde 'archeologie' met waarde 'hoog, 50%. De archeologische waarde is gebaseerd op de geomorfologische kaart en Bodemkaart van Nederland. Het vermoeden is dat het terrein ligt op een natuurlijke dekzandrug. Op dergelijke locaties is in theorie bewoning vanaf de Prehistorie mogelijk. Ook de kadastrale situatie van 1832 geeft aanleidingen voor de aanwezigheid van een dekzandrug. Op de locatie liggen in het plangebied smalle percelen die begrensd worden door een oude weg of pad. Mogelijk vormt dit pad, waarvan langs het spoor nog een klein relict bestaat de oorspronkelijke begrenzing van de natuurlijke zandrug. SWZ heeft reeds opdracht verstrekt aan dhr. M. Klomp, archeoloog binnen de gemeente Zwolle, voor de uit te voeren werkzaamheden.

4.6 Geluid

4.6.1 Wegverkeerslawaai:

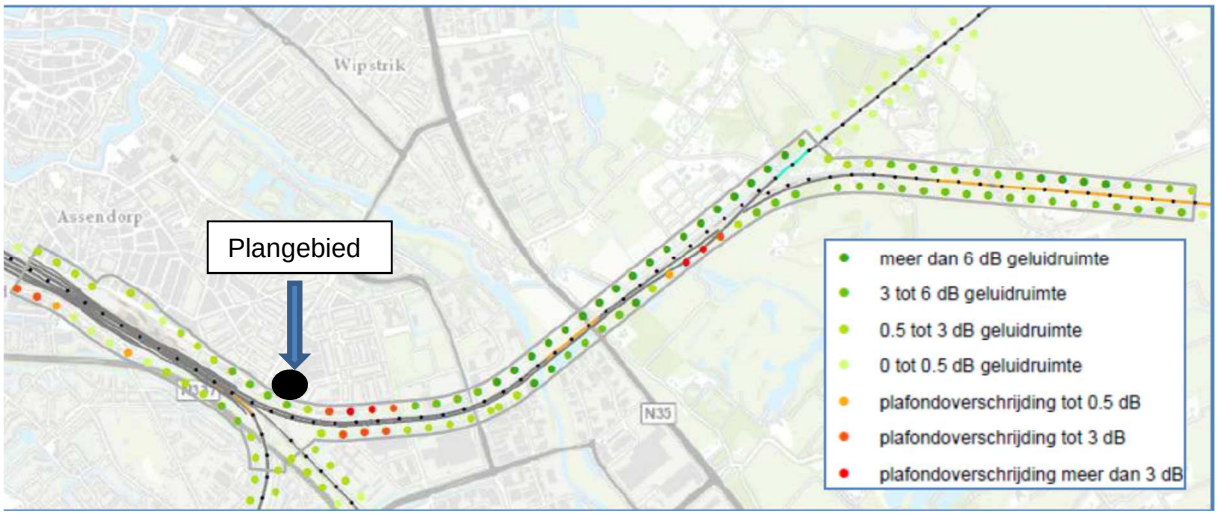
Het plangebied grenst aan de doodlopende Mimosastraat waar ter hoogte van het perceel alleen nog een verdere doorgang is voor fietsers/ scooters/ bromfietsers en voetgangers. Wegverkeerslawaai zal zich dan ook slechts beperken tot de auto’s van de bewoners alsmede bezoekers van het complex. Wegverkeerslawaai speelt hiermee een ondergeschikte rol.

4.6.2 Railverkeerslawaai:

Het plangebied grenst aan de spoorzone Zwolle-Meppel wat hogere geluidsbelasting met zich mee brengt. In verband met de uitbreiding van het spoor Zwolle – Herfte heeft Movares een akoestisch onderzoek uitgevoerd (‘Akoestisch onderzoek, ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte, d.d. 12 januari 2016, versie 2.0’). In dit onderzoek komt de geluidbelasting ten gevolge van (de uitbreiding van) het spoortracé Zwolle - Herfte op de omliggende omgeving, waaronder de locatie aan de Mimosastraat, aan de orde.

De Wet Milieubeheer stelt eisen aan de geluidproductie van de spoorweg in de vorm van geluidproductieplafonds (GPP’s). De wet is gebaseerd op het principe van een ‘stand still’. De geluidemissie mag niet (veel) toenemen. Bij het vaststellen van de GPP’s op 1 juli 2012 zijn deze gebaseerd op het gemiddelde van de geluidproductie in de jaren 2006, 2007 en 2008. Bovenop dit gemiddelde is een ruimte van 1,5 dB gereserveerd. Deze ruimte is nodig om een normale exploitatie van de spoorweg binnen het geluidproductieplafond mogelijk te maken (Wm artikel 11.45 lid 1). Movares heeft onderzocht of de situatie na uitvoering van het project binnen de geldende GPP’s zal blijven.

Uit de resultaten blijkt dat er ter plaatse van het plangebied, gelegen tussen Mimosastraat 3 en 4, zelfs sprake is van een onderschrijding van de GPP's (groene bolletjes). Dit betekent een afname van het geluid ten opzichte van de referentiesituatie in het geluidregister. Deze 'geluidruimte' wordt met name veroorzaakt door de inzet van stiller materieel. Ook het vernieuwen van de bovenbouw en vervangen van de twee stalen bruggen door betonnen bruggen (zonder toeslag) zorgen voor een afname van de geluidsemissie (zie onderstaande figuren).



Resultaten toetsing spooruitbreiding aan de GGP's, bron: 'Akoestisch onderzoek, ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte, d.d. 12 januari 2016, versie 2.0'.

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Mimosastraat 3 Q	8013SB	1	60	55		60	-4.29	-	55	0.00	55	
Mimosastraat 3 R	8013SB	1	60	55		60	-4.29	-	55	0.00	55	
Mimosastraat 3 S	8013SB	1	61	57		61	-4.22	-	57	0.00	57	
Mimosastraat 3 T	8013SB	1	61	57		61	-4.22	-	57	0.00	57	
Mimosastraat 4	8013SB	1	63	61		63	-2.40	-	61	-0.04	61	
Mimosastraat 4 A	8013SB	1	66	61		66	-4.69	-	61	-0.01	61	
Mimosastraat 5	8013SB	1	66	63		66	-3.83	-	63	-0.02	63	
Mimosastraat 6	8013SB	1	68	63		68	-5.20	-	63	-0.02	63	

Resultaten geluidberekening per geluidgevoelig object, bron: 'Akoestisch onderzoek, ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte, d.d. 12 januari 2016, versie 2.0'.

Geconcludeerd kan worden dat het aspect geluid ten gevolge van (de uitbreiding van) het spoortracé Zwolle - Herfte geen belemmering vormt voor de realisatie van het tijdelijk woongebouw op de desbetreffende locatie aan de Mimosastraat.

4.6.3 Geluidsisolatiewaarden woningen

Conform het akoestisch onderzoek van Movares bedraagt de huidige geluidsbelasting t.p.v. het plangebied, gelegen tussen Mimosastraat 3 en 4, circa 61-63 dB.

Volgens het bouwbesluit dient een tijdelijk bouwwerk minimaal 20 dB geluidisolatie te realiseren (dus onafhankelijk van de geluidbelasting).

De wettelijke binnenwaarde is voor een permanente situatie 33 dB. In een tijdelijke situatie mag deze 10 dB hoger zijn.

De binnenwaarde voor spoorweglawaai dient in een tijdelijke situatie 43 dB te zijn. Dit betekent dat de isolatiewaarde van de woningen aan de voorzijde van de Mimosastraat minimaal 20 dB moet zijn.

4.7 Trillingen

Als gevolg van treinverkeer kan er hinder of zelfs schade aan gebouwen ontstaan door trillingen. Ook personen kunnen last hebben van deze trillingen. Trillinghinder of -schade moet daarom zoveel mogelijk worden voorkomen. Movares heeft in het kader van spooruitbreiding Zwolle – Herfte, een onderzoek gedaan naar mogelijke trillinghinder ('Bijlage Trillingsonderzoek, ontwerptracebesluit spooruitbreiding Zwolle – Herfte', d.d. 11 januari 2016, versie 2.0). In dit onderzoek komt de trillinghinder ten gevolge van (de uitbreiding van) het spoortracé Zwolle - Herfte op de omliggende omgeving, waaronder de locatie aan de Mimosastraat, aan de orde. Uit het onderzoek blijkt dat de planlocatie voldoet aan de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts).

Resultaten trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte, bron: 'Bijlage Trillingsonderzoek, ontwerptracebesluit spooruitbreiding Zwolle – Herfte', d.d. 11 januari 2016, versie 2.0.

Geconcludeerd kan worden dat het aspect trillingen geen belemmering vormt voor de realisatie van het tijdelijke woongebouw op de locatie aan de Mimosastraat.

4.8 Wet Natuurbescherming

Het plangebied ligt in de bebouwde kom van Zwolle en heeft geen gebiedsbescherming.
Zoon Ecologie heeft in opdracht van SWZ een QuickScan laten uitvoeren voor het plangebied waarbij onderzocht is of er mogelijk beschermde soorten planten en dieren kunnen voorkomen ("Quickscan Natuur Vlindertuin Mimosastraat Zwolle" d.d. 12 oktober 2017).

Bomen:
Op de huidige locatie staan circa een 30-tal bomen (vooral acacia´s, een iep en veldesdoorn met een geschatte leeftijd van circa 30 jaar), vooral aan de achterzijde en rechterzijde van het perceel. Dhr. Rekers, gegevensbeheerder van de afdeling Openbare Ruimte, heeft op 16-6-2016 aangegeven dat de Mimosastraat tot hoofd groenstructuur behoort, de locatie zelf valt echter onder de witte vlek.
Dit betekend dat er geen kapvergunning noodzakelijk is. Ook heeft dhr. Rekers geconstateerd dat er geen bijzondere bomen staan. Wel wordt benadrukt dat de voorkeur uit gaat naar het zoveel mogelijk handhaven van de bomen. Dit is ook het uitgangspunt van SWZ! De uitgevoerde Quickscan door Zoon Ecologie bevestigd bovenstaande constateringen.

Vogels:
Door de noodzakelijke kap van een deel van de aanwezige bomen zal nestgelegenheid van zangvogels verwijderen. Echter staan er in de nabije omgeving voldoende vergelijkbare bomen waar de vogels nestgelegenheid kunnen vinden. De velling van de bomen zal voor maart 2018 plaatsvinden zodat de nesten van broedende vogels niet vernietigd zullen worden.

Zoogdieren:
Ook het jachtgebied van de gewone dwergvleermuis zal door de kap van een deel van de bomen worden verkleind. Aan de achterzijde van de Mimosaflats blijft echter voldoende jachtgebied over. Daarnaast zijn er geen verblijfplaatsen van de gewone dwergvleermuis in de nabije omgeving en worden er dus geen verblijfplaatsen vernietigd.

Door het plan worden egels in hun verblijfplaatsen bedreigd tijdens de aanlegfase. Om dit te voorkomen zullen de activiteiten rondom bouwrijp maken van het plangebied op zijn vroegst vanaf maart 2018 van start gaan. Op deze wijze wordt voorkomen dat de egels tijdens hun winterslaap worden bedreigd.

Amfibieën:
Door de ontwikkeling worden kikkers en padden verstoord en verblijfplaatsen vernietigd. Doordat de bouwwerkzaamheden pas vanaf het voorjaar van start gaan wordt dit voorkomen aangezien de amfibieën dan bij hun voortplantingswateren buiten het plangebied zijn.

Geconcludeerd kan worden dat er vanuit het aspect Wet Natuurbescherming geen belemmeringen zijn voor de voorgestelde ontwikkeling. Er worden geen beschermde soorten bedreigd door het opvolgen van de aanbevelingen voortkomende uit de uitgevoerde Quickscan.

4.9 PAS

De programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is per 1 juli 2015 in werking getreden en heeft niet alleen betrekking op veehouderijen, industriële bedrijven en grootschalige ontwikkelingen. Ook voor kleinschalige initiatieven op gebied van wonen kan de PAS consequenties hebben. De PAS levert de onderbouwing dat de natuurdoelen van Natura 2000-gebieden niet in gevaar komen.

Elke economische activiteit veroorzaakt stikstof door verkeer, verbranding of de aanwezigheid van vee en zelfs van mensen. Veruit de meeste van de beschermde natuurgebieden is gevoelig voor stikstof en op dit moment al (over)belast. Zelfs bij een paar woningen kan dit een probleem zijn, indien een nabijgelegen Natura 2000-gebied qua stikstof al 'op slot' zit.

Het overschot aan stikstof in Natura 2000-gebieden is schadelijk voor natuur en belemmert de vergunningverlening. Daarom is de PAS ontwikkeld. De PAS heeft als doel ruimte voor economische ontwikkelingen, sterkere natuur en minder stikstof. De PAS bevat maatregelen om de stikstofuitstoot te verminderen en de natuur te herstellen, waardoor er ruimte ontstaat voor nieuwe economische activiteiten.

Om de impact van het project op Natura2000-gebieden inzichtelijk te krijgen heeft Tauw in opdracht van SWZ een PAS-berekening opgesteld (Notitie: “Stikstof-depositieonderzoek 28 woningen Mimosastraat te Zwolle” d.d. 16 april 2018). Het onderzoek wijst uit dat er geen Natura2000-gebieden met een berekende stikstofdepositie van meer dan 0,05 mol/ha/jaar zijn. Daarmee is de ontwikkeling niet meldings- of vergunningsplichtig in het kader van de PAS.

4.10 Parkeren

Zoals omschreven in paragraaf 1.3 is ook het bestemmingsplan "Zwolle, parapluplan parkeren" van toepassing. Daarin is onder artikel 95.1 bepaald dat, bij het verlenen van een omgevingsvergunning voor het bouwen en/of een omgevingsvergunning voor een wijziging van het gebruik is verzekerd, dat op eigen terrein, dat bij dat bouwwerk of terrein waarvoor vergunning wordt verleend hoort, wordt voorzien in voldoende parkeergelegenheid voor motorvoertuigen. Daarbij moet worden voldaan worden aan de parkeeropgave, zoals neergelegd in de "Regeling Parkeernormen 2016".

De parkeerplaatsen moeten afmetingen hebben die afgestemd zijn op gangbare motorvoertuigen, zoals neergelegd in de "Regeling Parkeernormen 2016". Op basis van de Regeling parkeernonnen 2016, waarin verwezen wordt naar de zogenaamde CROW notitie "De nieuwe parkeerkencijfers en kencijfers verkeersgeneratie 2012" is bepaald dat er tenminste 28 parkeerplaatsen gerealiseerd moeten worden op eigen terrein, als volgt vastgesteld:

- Voor 22 appartementen type B2 en B4 geldt de norm; Categorie 'Huurwoningen, etage, midden/goedkoop', gelegen binnen het gebied 'schil centrum' en 'sterk stedelijk': min. 0,7 en max. 1,5 met een gemiddelde van 1,1 pp. Dit betekent 22 x 1,1 = 24,2 pp.
- Voor 6 appartementen type A1 geldt de norm: Categorie "Kamerverhuur. zelfstandig (niet-studenten) gelegen binnen het gebied 'schil centrum' en 'sterk stedelijk': min. 0,5 en max. 0,6 met een gemiddelde van 0,55 pp. Dit betekent 6 x 0,55 = 3,3 pp.

Totaalaantal te realiseren parkeerplaatsen: 24,2 + 3,3 = 27,5 afgerond 28 parkeerplaatsen.
Op eigen terrein kunnen echter slechts 6 parkeerplaatsen worden gerealiseerd die voldoen aan de minimale afmetingseisen. Er wordt daarmee dus niet aan de berekende parkeeropgave voldaan.

Ten aanzien van de parkeerregel is een binnenplanse afwijkingsmogelijkheid opgenomen onder 95.3.1 van het bestemmingsplan "Zwolle, parapluplan parkeren".
De mogelijkheid voor het afwijken van de parkeereis wordt beoordeeld aan de hand van de parkeerdruk in het betreffende gebied.

Er zal door het plan een (theoretische) toename van 22 parkeerplaatsen in het openbare gebied benodigd zijn. Uit parkeermetingen van april 201 7, voor de parkeersectie 1169 Mimosastraat om 23:00 uur, blijkt van de capaciteit van 71 plaatsen een bezetting van 34 (is 48%). Bij een toename van 22 wordt de bezetting 56 van 71. Dit betekent een bezettingsgraad van 78,9%, wat minder is dan de toegestane maximale bezetting van 80%.

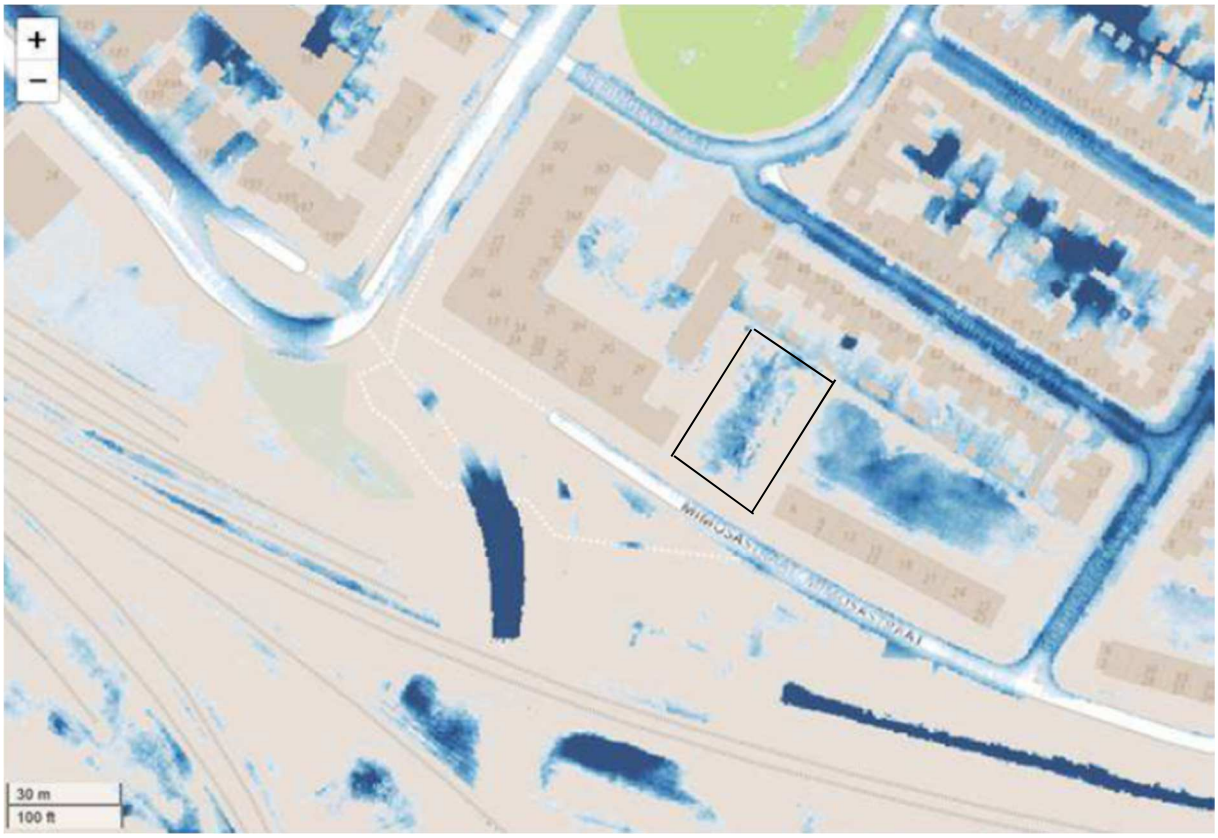
Op basis van deze gegevens kan, op basis van artikel 2.12, eerste lid, onder a, onder 1°, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) meegewerkt worden aan het afwijken van de parkeereis.

4.11 Waterhuishouding

Het plan ligt in het stroomgebied Sallandse Weteringen. Rond het plangebied liggen primaire watergangen die in beheer van het waterschap zijn. Het gebied heeft een streefpeil van -0,2 m NAP (zomer en winter).

Kaartbeeld bestaande waterhuishouding rond het plangebied, bron: WDODelta.

Op basis van een uitsnede uit de klimaatatlas blijkt dat het perceel wateroverlast heeft na zware buien:



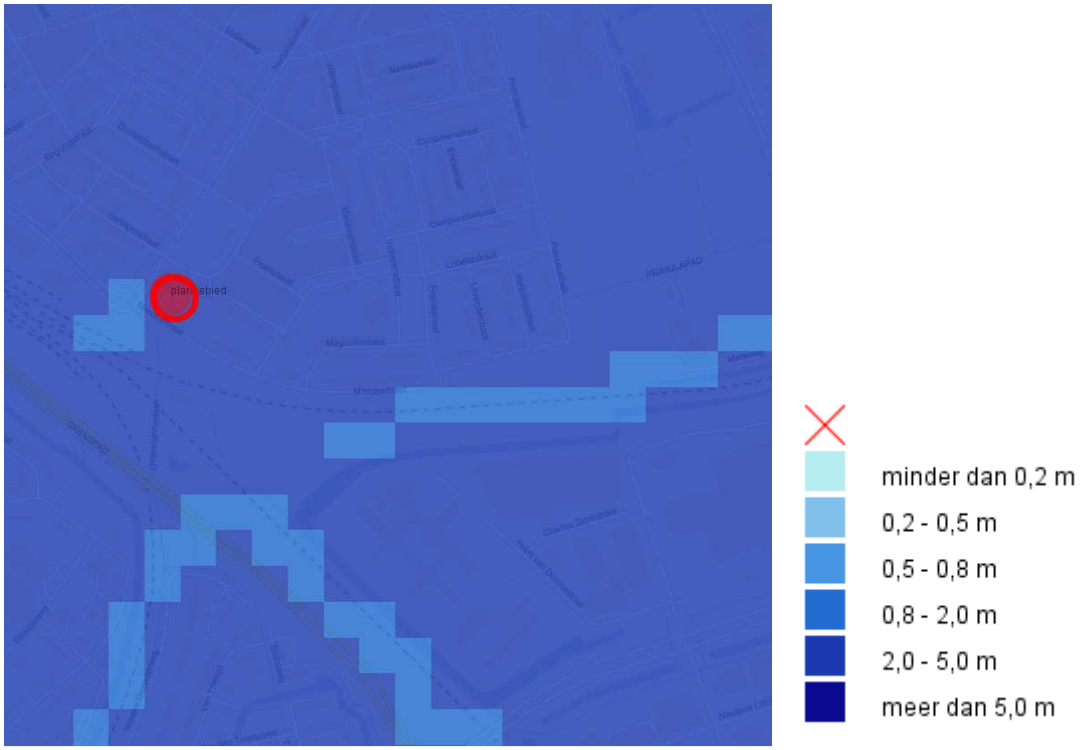
Uitsnede klimaatatlas, bron: wdodelta.nl

Een belangrijke reden hiervan is dat het gehele perceel over een diepte van circa 80 cm “vervuild” is met puin. Voordat er gestart wordt met de werkzaamheden zal SWZ het hele terrein over een diepte van 80 cm gaan saneren en voldoende ophogen. Na sanering/ ophoging en aanleg van infiltratievoorzieningen zal de wateroverlast na vermoeden sterk verminderd zijn. Daarbij zal ook rekening worden met voldoende afschot van het terrein naar de openbare weg. Op deze wijze moet voorkomen worden dat het hemelwater op andere locaties tot overlast gaat leiden.

Overstromingsrisico
Het plangebied is gelegen achter een waterkering, waarbij in extreme situaties een kans op overstroming bestaat. Het gebied dat dan overstroomt, wordt omsloten door IJssel, Zwolle-IJsselkanaal/Zwarte Water, Vecht en hoger gelegen gronden aan de oostzijde. Voor bestemmingsplannen in gebieden waar een kans op overstroming vanuit het primaire watersysteem bestaat, is een overstromingsrisicoparagraaf vereist.

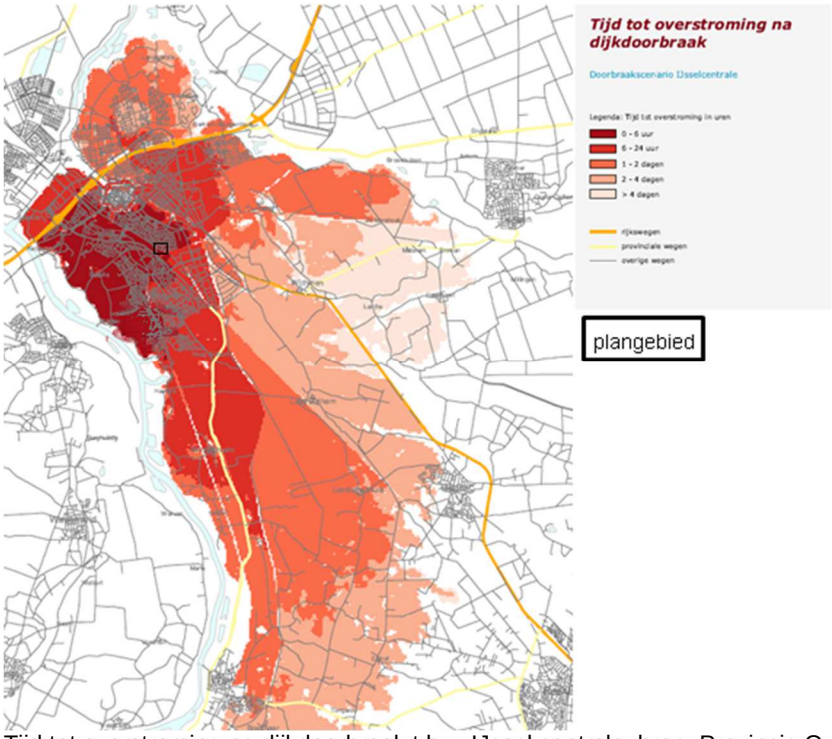
Risico-inventarisatie
Dijktrajecten die een gebied tegen overstromingen beschermen, kennen een overstromingskans. Voor het primaire dijktraject nabij het plangebied geldt een overstromingskans van 1 op 10.000 per jaar. De overstromingskans wordt in de Waterwet toegelicht als: “kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt, dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade”.

Met behulp van de provinciale digitale Wateratlas wordt de maximale waterdiepte in het plangebied tijdens een overstroming geschat tussen de 0,8 tot 2,0 meter:



Maximale waterdiepte bij een overstroming, bron: Wateratlas Provincie Overijssel

De tijd tot overstroming is afhankelijk van de locatie waar de waterkering faalt. In onderstaand figuur is de tijd tot overstroming van het plangebied bij een dijkdoorbraak ter hoogte van de IJsselcentrale weergegeven, namelijk 0 tot 6 uur.



Tijd tot overstroming na dijkdoorbraak t.h.v. IJssel centrale, bron: Provincie Overijssel

Maatregelen
Bij de ontwikkeling van het plangebied dient rekening te worden gehouden met mogelijke overstroming(en). Het betreft hierbij ook bewustwording dat bouwen in risicovolle gebieden bepaalde risico's met zich meebrengt en dat hier adequaat mee omgesprongen dient te worden. Wat betreft maatregelen die toegepast zullen worden: aanvullend ophogen (voor zover mogelijk) van het plangebied, voldoende hoog aanbrengen vloerpeil en zodanig inrichting van het gebouw dat bij eventuele overstroming schade zoveel mogelijk wordt beperkt (denk aan materiaalgebruik) en aansluiting van het plangebied op dichtstbijzijnde weg waardoor bereikbaarheid gewaarborgd blijft.

Waterveiligheid
Om wateroverlast en schade aan het gebouw te beperken wordt het vloerpeil op voldoende hoogte boven openbare weg/ maaiveld gerealiseerd, definitief bouwpeil wordt door de gemeente Zwolle bepaald, geadviseerd wordt een vloerpeil van +20 cm boven kruin openbare weg.

Conform het reeds uitgevoerde bodemonderzoek (zie 4.4) ligt de diepte van het freatisch grondwater tussen 2,5 - 4,0 m -mv. Grondwateroverlast speelt bij deze ontwikkeling dus geen rol.

Wateroverlast
Het plan wordt dusdanig ontworpen dat kortstondige hevige buien zonder problemen kunnen worden opgevangen op eigen terrein zodat wateroverlast bij de woningen of andere kwetsbare functies wordt voorkomen. Hiertoe wordt een rioleringsplan en infiltratieplan met berekeningen opgesteld. Hierbij wordt rekening gehouden met toenemende neerslagintensiteit in de toekomst als gevolg van klimaatverandering (10% meer neerslag in 2050).

Voor de benodigde rioolaansluiting wordt een aanvraag ingediend bij de gemeente. Het waterhuishoudings- en rioleringsplan (infiltratieplan) zal worden getoetst op een bui van T=100, die kan worden gedefinieerd als een bui van 111 mm neerslag in 48 uur.

Waterkwaliteit
De geplande ontwikkeling heeft geen gevolgen voor het peil of de kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater. Er worden geen materialen gebruikt die een verontreiniging met zich meebrengen, metalen als lood, zink en koper zullen niet worden gebruikt. Het watersysteem vormt geen risico’s voor de volksgezondheid en is voldoende schoon voor mens, plant en dier.

Riolering
Het hemelwater dat valt op de daken van het gebouw en op de overige delen van het perceel zal worden geïnfiltreerd in de bodem op eigen terrein. Infiltratie van het hemelwater geschiedt conform de voorschriften van de gemeente Zwolle. Binnen het plangebied dient daartoe minimaal een statische berging gecreëerd te worden van 20 mm per vierkante meter afvoerend verhard oppervlak, zie document “Infiltratievoorziening woongebieden, versie 2016”. De afvoer van overtollig hemelwater uit het plangebied mag, ongeacht de toegepaste methode, niet tot wateroverlast leiden op aangrenzende percelen. Denk bijvoorbeeld rekening gehouden worden met oude – vaak niet waterdichte – kelders in de omgeving. Bovendien is het uitgangspunt dat (grond)waterstromen in de omgeving niet negatief worden beïnvloed door ontwikkeling in het plangebied.

Het vuilwaterriool van het gebouw zal worden aangesloten op het bestaand gemeentelijk rioolstelsel. Bij de ontwikkeling van het gebied is sprake van een toename van de hoeveelheid afvalwater ten opzichte van de huidige situatie. Er is echter geen sprake van overbelasting ten aanzien van de capaciteit van het rioleringsstelsel en de capaciteit van zuiveringstechnische werken (rioolwaterzuiveringsinstallatie, transportleidingen en rioolgemalen).

Externe werking ruimtelijk plan
Het grondwater zal tijdens of na het bouwrijp maken niet structureel worden verlaagd. De ontwikkeling heeft dus geen nadelige gevolgen op de omgeving.

5. Planbeschrijving

5.1 Uiteenzetting van de toekomstige situatie

Om tegemoet de komen aan de aanhoudende druk op de Zwolse sociale woningmarkt en optimaal gebruik te maken van de locatie worden er 28 tijdelijke woningen gerealiseerd voor de duur van maximaal 15 jaar.

5.2 Motivering, welstand en beeldkwaliteit van het bouwplan

Voor de locatie is het concept van NEZZT beoogd. Dit zijn kleine zelfstandige woning voor 1-2 persoonshuishoudens. Het product wordt in de fabriek compleet gebouwd en met een vrachtwagen naar de locatie getransporteerd. Het product kan worden geschaard in het ‘hogere’ segment tijdelijke huisvesting.

NEZZT biedt een dynamisch antwoord op een dynamische vraag. Met een totaal nieuw woonconcept dat mee ademt met de samenleving. NEZZT is eindeloos aanpasbaar en blijvend inzetbaar. Klaar voor een volgende bewoner, klaar voor een volgende levensfase en klaar voor een nieuwe locatie. Dit is het nieuwe wonen!

NEZZT bewijst dat je royaal kunt wonen in ’t klein. Vanuit een multifunctionele basis met een vast vierkant formaat van 34 m2. Geen onbenutte, te kleine of te grote ruimtes, een perfecte basis om te eten, relaxen en ontmoeten. Zo halen bewoners iedere dag het maximale uit het NEZZT-concept.

Vrijheid zit daarnaast in het makkelijk kunnen verplaatsen van de woningen. Het duurzame design van NEZZT maakt de woning prima geschikt voor hergebruik. Twee vrachtwagens en een dag verder staat het huis op een andere locatie. Ideaal dus voor tijdelijk ruimtegebruik en het slim benutten van onbebouwde locaties zoals dit perceel aan de Mimosastraat.

5.3 Welstandstoetsing/ stedenbouwkundige motivering

De tijdelijke woning is een kant en klaar product/ontwerp. De indeling van en inrichting op de locatie is tot stand gekomen in samenwerking met stedenbouwkundige dhr. André van der Eijk en projectleider Anton Westenberg, gemeente Zwolle. Het complex is vormgegeven als een “Spinhx” zodat de voorzijde qua hoogte (4 bouwlagen) aansluit bij de DOAS alsmede de naastgelegen portieketageflat. De achterzijde van het complex omvat 2 bouwlagen en zorg voor de nodige privacy van en naar omwonenden en voorkomt schaduw belemmering naar de achtergelegen eengezinswoningen aan de Seringenstraat. De bomenrij aan de achterzijde en rechterzijde zullen zoveel mogelijk gehandhaafd blijven als “groene” buffer tussen de omliggende bebouwing. Aan de voorzijde van het complex zal een parkeerhaven worden gerealiseerd. Tussen parkeerhaven en trottoir zal een groenblijvende haag worden geplant. Linksachter op het perceel zal een overdekte, af te sluiten, fietsenstalling worden geplaatst.

5.4 Beschrijving van de te realiseren duurzaamheid

De woningen zijn all-electric. Dat betekent dat er geen gebruik wordt gemaakt van aardgas voor verwarming en warm tapwater. Verwarming gebeurt middels elektrische kachels en warmtapwater middels een elektrische boiler.
Voor een gezond binnenklimaat wordt gebruik gemaakt van natuurlijke ventilatietoevoer en mechanische afvoer.

Op de daken zullen in totaal 96 zonnepanelen worden aangebracht om een groot deel van het elektraverbruik duurzaam op te wekken. Bovendien draagt dit bij aan de betaalbaarheid van de woningen.

5.5 Bouwmethode

De tijdelijke woningen zijn zogenaamd modulair. De woningen worden gemonteerd met behulp van vooraf in de fabriek samengestelde modules.

De voordelen van de modulaire bouwmethode is; snelheid, flexibiliteit voor de toekomst en kwaliteit. Daarnaast heeft het een minimale impact op het milieu en zeer beperkte verstoring van de plaatselijke omgeving tijdens de bouw. De bouwtijd is namelijk zeer kort.

Woning gegevens:

- Ontworpen op basis van ruimtegebruik voor één persoon met circa 34 m2 woonoppervlak.
- Het huis voldoet aan het bouwbesluit voor niet-permanente bouwwerken: past bij de aard van het gebruik.
- Lichte, eenvoudig verplaatsbare constructie om te kunnen hergebruiken op meerdere locaties.
- Alleen aansluiting op water, riool en elektriciteit nodig.
- Het huis is compleet en gebruiksklaar, inclusief badkamer, keuken en installaties.

Minimale overlast voor omgeving - Modulaire bouw in een fabrieksomgeving resulteert in 90% minder voertuigbewegingen van, naar en op het bouwterrein. Dit betekent minder emissie van werkvoertuigen en minimale overlast voor de naaste omgeving.

Minder afval - Productie in een fabrieksomgeving genereert verhoudingsgewijs weinig afval. Om een indruk te geven: tot wel 90% minder afval in vergelijking met traditionele bouwmethoden.

Snelheid - Bouwen in de fabriek beperkt de werktijd op het terrein tot het minimum. Dat betekent minder lawaai, minder overlast en een schoon, veilig bouwterrein.

6. Economische en maatschappelijke uitvoerbaarheid

6.1 Beschrijving van de financieel-economische uitvoerbaarheid van het bouwplan

Het project is financieel-economisch niet uitvoerbaar met een exploitatietermijn van 15 jaar. Daarom worden de tijdelijke woningen na bovengenoemde exploitatietermijn mogelijk verplaatst naar een nieuwe locatie om opnieuw gebruikt te worden. Om het exploitatietekort te verminderen draagt de gemeente Zwolle € 63.700,- bij aan deze ontwikkeling.

De Wet ruimtelijke ordening maakt met het bepaalde in afdeling 6.4 het vaststellen van een exploitatieplan verplicht voor een aantal bouwactiviteiten, wanneer de bouw planologisch mogelijk wordt gemaakt in het bestemmingsplan, wijziging van een bestemmingsplan, of een projectomgevingsvergunning of projectuitvoeringsbesluit.
De zogenaamde “aangewezen bouwplannen” waarbij een exploitatieplan verplicht is zijn opgenomen in artikel 6.2.1 van het Besluit ruimtelijke ordening (Bro).

Aangewezen bouwplan
Het onderhavige bouwplan valt onder de volgende categorie aangewezen bouwplannen: “de bouw van een of meer woningen” (artikel 6.2.1, onder a Bro). Het bouwplan voorziet namelijk in de bouw van 28 woningen.

Nu sprake is van een aangewezen bouwplan in de zin van artikel 6.2.1 Bro, in combinatie met een planologische maatregel is afdeling 6.4 van de Wet ruimtelijke ordening (Grondexploitatiewet) van toepassing. Dit houdt in dat de gemeenteraad een exploitatieplan dient vast te stellen tenzij middels gemeentelijke gronduitgifte dan wel, of in combinatie met, een anterieure overeenkomst de kosten in de grondexploitatie anderszins verzekerd zijn.

Anterieure overeenkomst
Het bouwplan betreft, zoals gezegd de bouw van 28 woningen. Er is een anterieure overeenkomst gesloten met SWZ. Door middel van deze anterieure overeenkomst zijn de kosten van de grondexploitatie anderszins verzekerd. Op basis van het bovenstaande wordt de omgevingsvergunning geacht economisch uitvoerbaar te zijn. Het vaststellen van een exploitatieplan is derhalve niet noodzakelijk.

Beschikbaarheid gronden
De gronden waarop het bouwplan wordt gerealiseerd zijn in eigendom bij SWZ. De Mimosastraat en belendend trottoir zijn in eigendom van de gemeente Zwolle.

<u>Conclusie</u>
Het vaststellen van een exploitatieplan door de raad blijft achterwege, omdat met het aangaan van een anterieure overeenkomst met SWZ de kosten van de grondexploitatie anderszins verzekerd zijn (art 6.12, tweede lid, sub a Wro). Ook is de economische uitvoerbaarheid van het project voldoende aangetoond.

6.2 Beschrijving van de maatschappelijke uitvoerbaarheid van het bouwplan

De druk op de sociale huurmarkt in Zwolle is groot. Om deze druk te verminderen heeft de gemeente Zwolle in de prestatieafspraken met de corporaties de ambitie vastgelegd de voorraad sociale huurwoningen in de periode van 2016-2019 te laten stijgen met netto 700 woningen waarvan 100 semipermanente woningen. De 28 te realiseren woningen dragen hieraan bij.

Sociale huurwoningen zijn goedkope huurwoningen voor mensen die niet over genoeg financiële middelen beschikken om een woning te huren in de vrije sector. Om in aanmerking te komen voor een sociale huurwoning, moet men aan bepaalde voorwaarden voldoen. Zo mag bijvoorbeeld het inkomen niet te hoog zijn. In Zwolle is er een wachtlijst voor sociale huurwoningen. De huur van een sociale huurwoning mag niet hoger zijn dan de sociale huurgrens. In 2017 ligt deze grens op 710,68 euro. Dit bedrag betreft kale huur (en dus geen huur inclusief servicekosten).

Op 10 juli 2017 zijn alle omwonenden van het plangebied geïnformeerd over de tijdelijke woningen middels een inloopavond. De reacties van de aanwezigen waren over het algemeen positief.

Uitkomsten vooroverleg

Op 1 februari 2018 is de principeaanvraag Mimosastraat in het kader van het overleg als bedoeld in artikel 3.1.1 van het Besluit ruimtelijke ordening naar de instanties en organisaties verzonden met het verzoek om uiterlijk 16 februari 2018 te reageren.

Het plan is toegezonden naar de volgende instanties en organisaties:
1. Provincie Overijssel;
3. Veiligheidsregio IJsselland;
4. Waterschap Drents Overijsselse Delta;

Onderstaand de vooroverlegreacties die ontvangen zijn.

<u>1. Provincie Overijssel</u>

Opmerking:
Binnen het plan worden geen grootschalige ontwikkelingen mogelijk gemaakt. Het doel is het mogelijk maken van 28 semipermanente woningen. Het plan is niet in strijd met het provinciale beleid en de provincie juicht deze ontwikkeling van harte toe.
Hiermee is, voor zover het de provinciale diensten betreft, voldaan aan het wettelijk vooroverleg.

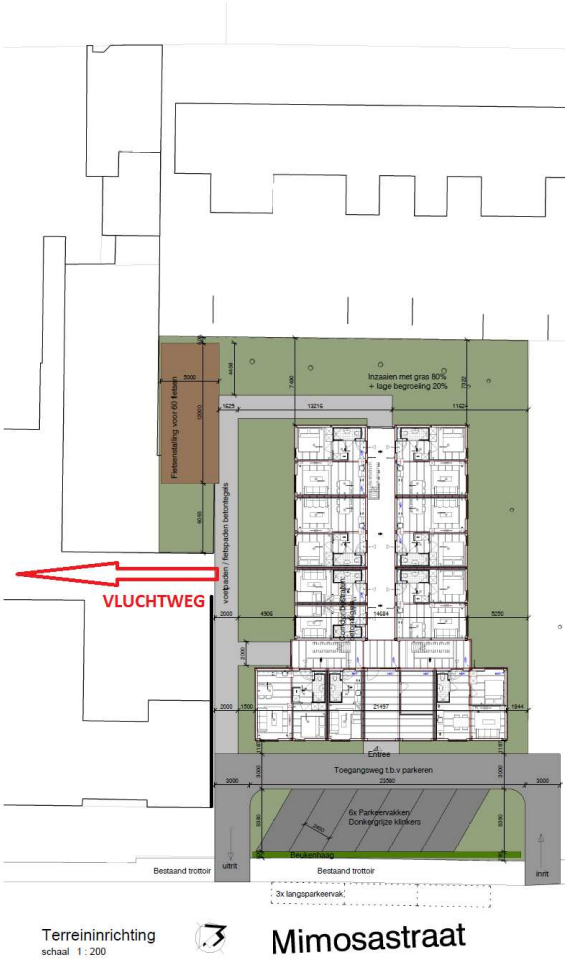
Reactie:
Van de reactie is kennisgenomen.

<u>2. Veiligheidsregio IJsselland</u>

Opmerking:
De Veiligheidsregio IJsselland adviseert:
a) Alle woningen in het pand te laten voorzien van afsluitbare mechanische ventilatie. Deze moeten de bewoners zelf kunnen sluiten zodat zij bij een eventueel incident met toxische stoffen veilig binnen kunnen schuilen;
b) Te (laten) zorgen voor een tweede vluchtweg die zoveel mogelijk van het spoor is afgericht. De hoofdingang is naar het spoor, de risicobron, gericht en is bij een incident op het spoor daardoor niet geschikt als vluchtroute. Een goed alternatief is een vluchtroute aan de achterkant van het gebouw die vervolgens achter de portiekflat langs naar de Goudenregenstraat leidt. Zo wordt de vluchtroute grotendeels van het spoor afgeschermd door de portiekflat waardoor de vluchtroute veiliger wordt;
c) De toekomstige bewoners voor te (laten) lichten over de risico's die zij lopen en wat zij bij een eventueel incident zelf kunnen doen;

Reactie:
a) Ventilatie toevoer geschiedt op een natuurlijke wijze middels dauerluftung. Dit betekent dat er op dit moment van een calamiteit een handmatige actie nodig is om buitenlucht af te sluiten.
Daarnaast is de opzet zo dat er per woning een eigen afzuigventilator is voorzien. De afblaas wordt aangesloten op een collectief afblaaskanaal, per aansluiting op het afblaaskanaal is een standaard mechanische keerklep (zonder hoogwaardig afdichting) opgenomen, dit ter voorkoming van terugstroming van etenslucht van andere gebruikers.
Om de ventilatie bij een calamiteit handmatig te kunnen uitschakelen wordt er een extra noodknop geplaatst. Bij uitschakeling van de ventilator borgt de keerklep tevens dat er geen lucht via het afblaaskanaal de woning in kan stromen.

b) Er is reeds een bestaande 2e vluchtroute aanwezig die van het spoor is afgericht. Deze vluchtweg bevindt zich aan de linkerzijde tussen het perceel en DOAS. Bij een eventueel incident op het spoor kunnen bewoners via deze weg veilig vluchten via het binnenterrein van DOAS naar de achtergelegen Seringenstraat.



c) Iedere bewoner krijgt bij sleuteloverdracht standaard een uitleg van SWZ omtrent zijn/haar woning en het complex. Tevens zullen zij geïnformeerd worden over de mogelijke risico's die zij lopen, wat zij bij een eventuele calamiteit zelf kunnen doen en worden vluchtroutes kenbaar gemaakt.

<u>3. Waterschap Drents Overijsselse Delta</u>

Opmerking:
Het Waterschap verzoekt hoofdstuk 3 van de ruimtelijke onderbouwing aan de vullen met een paragraaf over waterschapsbeleid.

Reactie:
Hoofdstuk 3 is aangevuld met het waterschapsbeleid. Daarnaast is een digitale watertoets uitgevoerd. Op basis van de ingevoerde gegevens is gebleken dat voor dit plan de normale watertoetsprocedure doorlopen moet worden.

Opmerking:
In de onderbouwing (par 4.9 Water) is aangegeven dat het regenwater ter plekke wordt geïnfiltreerd. Het waterschap vraagt hoe dit wordt gerealiseerd en hoe de situatie is bij een T=100 bui.

Reactie:
Infiltratie van het hemelwater geschiedt conform de voorschriften van de gemeente Zwolle. Hiertoe worden infiltratieberekeningen en -tekeningen opgesteld.
Tevens is par. 4.9 verder uitgebreid met de verstrekte informatie van WDODelta en adviseur stedelijk water van de gemeente Zwolle o.b.v. de digitale watertoets.

Stationsweg 2
8011 CZ ZWOLLE
Postbus 1590
8001 BN ZWOLLE

T +31 (0)38-4221411
E zwolle.ch@dpa.nl
www.dpa.nl/cauberg-huygen

K.v.K 58792562
IBAN NL71 RABO 0112 075584

Externe Veiligheid spoor
Project Mimosastraat Zwolle

Datum 16 oktober 2017
Referentie 03567-22901-01

Referentie	03567-22901-01
Rapporttitel	Externe Veiligheid spoor Project Mimosastraat Zwolle
Datum	16 oktober 2017

Opdrachtgever	Woningstichting SWZ Postbus 40040 8004 DA ZWOLLE Telefoon (038) 468 01 53
Contactpersoon	De heer M. Meulenkamp

Behandeld door	ing. H.J.W. van Wijngen DPA Cauberg-Huygen B.V. Stationsweg 2 8011 CZ ZWOLLE Postbus 1590 8001 BN ZWOLLE Telefoon 038-4221411 Fax 038-4223197

Inhoudsopgave

1	**Inleiding**	**3**
2	**Normstelling externe veiligheid**	**4**
2.1	Wet- en regelgeving	4
2.2	Risicobenadering	4
2.2.1	Plaatsgebonden risico	4
2.2.2	Groepsrisico	5
2.3	Plasbrandaandachtsgebied (PAG)	6
3	**Uitgangspunten risicoberekening**	**8**
3.1	Plangebied	8
3.2	RBM II	10
3.3	Transportintensiteit	10
3.4	Trajecteigenschappen	10
3.5	Aanwezigheid personen	11
4	**Resultaten**	**13**
4.1	Plaatsgebonden risico	13
4.2	Groepsrisico	13
4.3	Plasbrandaandachtsgebied	15
5	**Conclusie**	**16**
5.1	Plaatsgebonden risico	16
5.2	Groepsrisico	16
5.3	Plasbrandaandachtsgebied	16

1 Inleiding

Er bestaan plannen voor de ontwikkeling van een appartementencomplex aan de Mimosastraat te Zwolle. De ontwikkeling voorziet in 22 tweepersoons- en zes éénpersoons appartementen. De locatie ligt binnen 200 meter van de spoorlijn Zwolle – Herfte-aansluiting, waarover transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt. Inzicht in de externe veiligheidsrisico's is daarom nodig.
De berekeningen zijn op verzoek van DPA Cauberg-Huygen uitgevoerd door Adviesgroep AVIV bv.

De rapportage is al volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de normstelling externe veiligheid voor transportroutes toegelicht. De gehanteerde gegevens en uitgangspunten zijn samengevat in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt het resultaat van de berekeningen getoond. Hoofdstuk 5 ten slotte bevat de conclusie.

2 Normstelling externe veiligheid

2.1 Wet- en regelgeving

Het transport van gevaarlijke stoffen brengt risico's met zich mee door de mogelijkheid dat bij een ongeval gevaarlijke stoffen kunnen vrijkomen. Het risico voor personen die verblijven in de omgeving wordt gevat onder het begrip externe veiligheid (EV). Voor het transport van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor en het binnenwater is een risiconormering vastgesteld. In het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) zijn de regels opgenomen voor de ruimtelijke ordening. Voor infrabesluiten zijn de regels vastgelegd in de Beleidsregels EV-beoordeling Tracébesluiten (de Beleidsregels).

Op 1 april 2015 is het Basisnet volledig in werking getreden. Het basisnet bestaat uit een aangewezen aantal routes (wegen, spoorwegen en vaarwegen) waarop het mogelijk moet zijn en blijven om gevaarlijke stoffen te vervoeren. Het doel van het Basisnet is het vastleggen en waarborgen van een duurzame balans tussen het vervoer van gevaarlijke stoffen, de ruimtelijke omgeving en de veiligheid van mensen die wonen en werken langs de route. Het Basisnet stelt grenzen aan het risico vanwege het vervoer van gevaarlijke stoffen over wegen, vaarwegen en spoorlijnen alsmede aan ruimtelijke ontwikkelingen langs die wegen, vaarwegen en spoorlijnen. Voor elke weg, spoorlijn en vaarweg die deel uitmaakt van het Basisnet, is vastgesteld hoeveel risico het vervoer van gevaarlijke stoffen over die weg, spoorlijn of vaarweg maximaal mag veroorzaken. De basisnetroutes en deze zogenoemde "risicoplafonds" zijn vastgelegd in de regeling basisnet.

2.2 Risicobenadering

De risicobenadering externe veiligheid kent twee begrippen om het risiconiveau voor activiteiten met gevaarlijke stoffen in relatie tot de omgeving aan te geven. Deze begrippen zijn het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR).

Met het PR wordt de aan te houden afstand geëvalueerd tussen de activiteit en kwetsbare functies in de omgeving. Of een functie kwetsbaar of beperkt kwetsbaar is, is te vinden in het Besluit externe veiligheid Inrichtingen (Bevi). Voorbeelden van kwetsbare objecten zijn woningen, scholen, ziekenhuizen en grote kantoorgebouwen. Beperkt kwetsbare objecten zijn onder andere verspreid liggende woningen, sporthallen en bedrijfsgebouwen.

Met het GR wordt geëvalueerd of als gevolg van een ongeval een groot aantal slachtoffers kan vallen, doordat een grote groep personen blootgesteld wordt.

2.2.1 Plaatsgebonden risico

Het PR is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een transportroute bevindt, overlijdt door een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op die route. Plaatsen met een gelijk risico kunnen door zogenaamde risicocontouren op een kaart worden weergegeven. Het PR leent zich daarmee goed voor het vaststellen van een veiligheidszone tussen een route en kwetsbare bestemmingen zoals woonwijken. In tabel 1 wordt weergegeven welke normen voor het plaatsgebonden risico van toepassing zijn.

Tabel 1. Normen plaatsgebonden risico

Type object	Omgevingsbesluit
Kwetsbare objecten	Grenswaarde PR 10^{-6}
Beperkt kwetsbare objecten	Richtwaarde PR 10^{-6}

De grenswaarde moet te allen tijde in acht worden genomen, het bevoegd gezag mag niet van de grenswaarde afwijken. Voor de richtwaarde geldt dat uitsluitend in geval van zwaarwegende belangen (zoals economische) daarvan mag worden afgeweken. Voor ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van basisnetroutes dienen de afstanden rechtstreeks getoetst te worden aan de risicoplafonds zoals die zijn vastgesteld in de Regeling Basisnet. Voor ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van andere dan de basisnetroutes dienen de afstanden getoetst te worden aan de berekende 10^{-6} contour van het plaatsgebonden risico. In veel gevallen is een risicoberekening niet nodig en kan worden volstaan met het toepassen van de vuistregels uit de Handleiding Risicoanalyse Transport (Hart).

2.2.2 Groepsrisico

Indien een plangebied ligt binnen het invloedsgebied van een transportroute waarover gevaarlijke stoffen worden vervoerd, wordt in de toelichting bij het bestemmingsplan en in de ruimtelijke onderbouwing van de omgevingsvergunning in elk geval ingegaan op:

- de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp op die transportroute, en;
- voor zover dat plan of die vergunning betrekking heeft op nog niet aanwezige kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten: de mogelijkheden voor personen om zich in veiligheid te brengen indien zich op die transportroute een ramp voordoet.

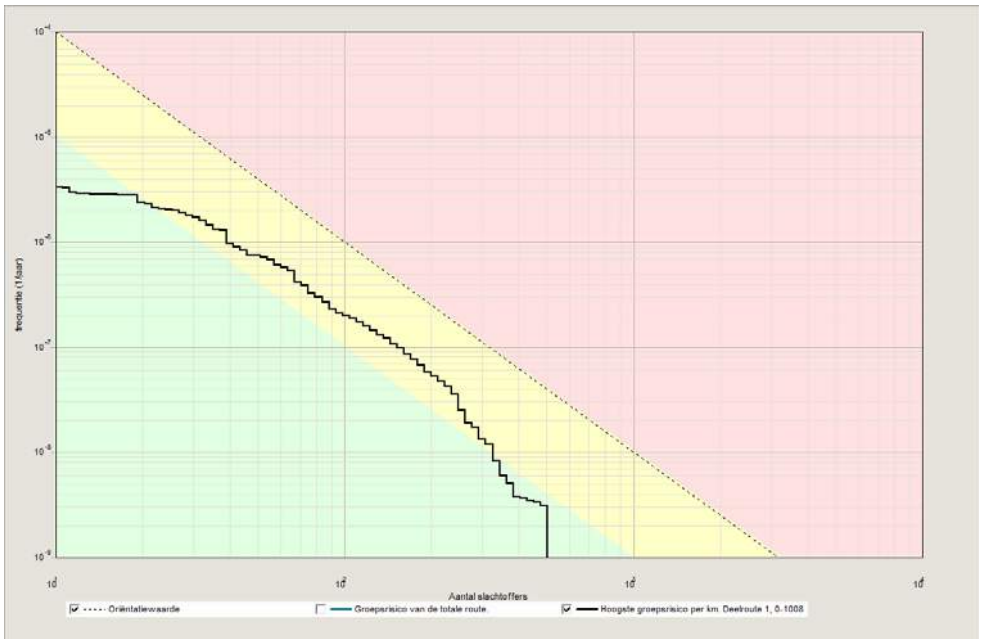
Als het groepsrisico door een bestemmingsplan dat geheel of gedeeltelijk gelegen is binnen 200 m van een transportroute meer dan 10% toeneemt ten opzichte van de bestaande situatie en groter is dan 10% van de oriëntatiewaarde dient het groepsrisico te worden verantwoord. Dit wordt ook wel aangeduid als de verantwoordingsplicht groepsrisico. In de motivering bij het betrokken besluit moeten ten minste de volgende gegevens worden opgenomen:

- 1°. de dichtheid van personen in het invloedsgebied van de transportroute op het tijdstip waarop het plan of besluit wordt vastgesteld, rekening houdend met de in dat gebied reeds aanwezige personen en de personen die in dat gebied op grond van het geldende bestemmingsplan of de geldende bestemmingsplannen of een omgevingsvergunning redelijkerwijs te verwachten zijn, en;
  2°. de als gevolg van het bestemmingsplan of de omgevingsvergunning redelijkerwijs te verwachten verandering van de dichtheid van personen in het gebied waarop dat plan of die vergunning betrekking heeft;
- het groepsrisico op het tijdstip waarop het plan of de vergunning wordt vastgesteld en de bijdrage van de in dat plan of besluit toegelaten kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten aan de hoogte van het groepsrisico, vergeleken met de oriëntatiewaarde;

- de maatregelen ter beperking van het groepsrisico die bij de voorbereiding van het plan of de vergunning zijn overwogen en de in dat plan of die vergunning opgenomen maatregelen, waaronder de stedenbouwkundige opzet en voorzieningen met betrekking tot de inrichting van de openbare ruimte, en;
- de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkelingen met een lager groepsrisico en de voor- en nadelen daarvan.

Het groepsrisico geeft aan wat de kans is op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de beschouwde activiteit, kortom de kans op een ramp. Het aantal personen dat in de omgeving van de route verblijft, bepaalt mede de hoogte van het GR. Het GR wordt weergegeven in een zogenaamde fN-curve, op de verticale as staat de cumulatieve kans per jaar f op een ongeval met N of meer slachtoffers en op de horizontale as het aantal slachtoffers. Figuur 1 geeft een voorbeeld.

Het groepsrisico wordt bepaald per kilometer route en vergeleken met de oriëntatiewaarde. Deze waarde helpt het bevoegd gezag bij de afweging of de kans op een ramp opweegt tegen het maatschappelijk voordeel van het voorgenomen besluit. Het begrip oriëntatiewaarde houdt in dat het bevoegd gezag gemotiveerd kan besluiten een hogere kans op een ramp te accepteren.



Figuur 1. Voorbeeld groepsrisico transportroute

2.3 Plasbrandaandachtsgebied (PAG)

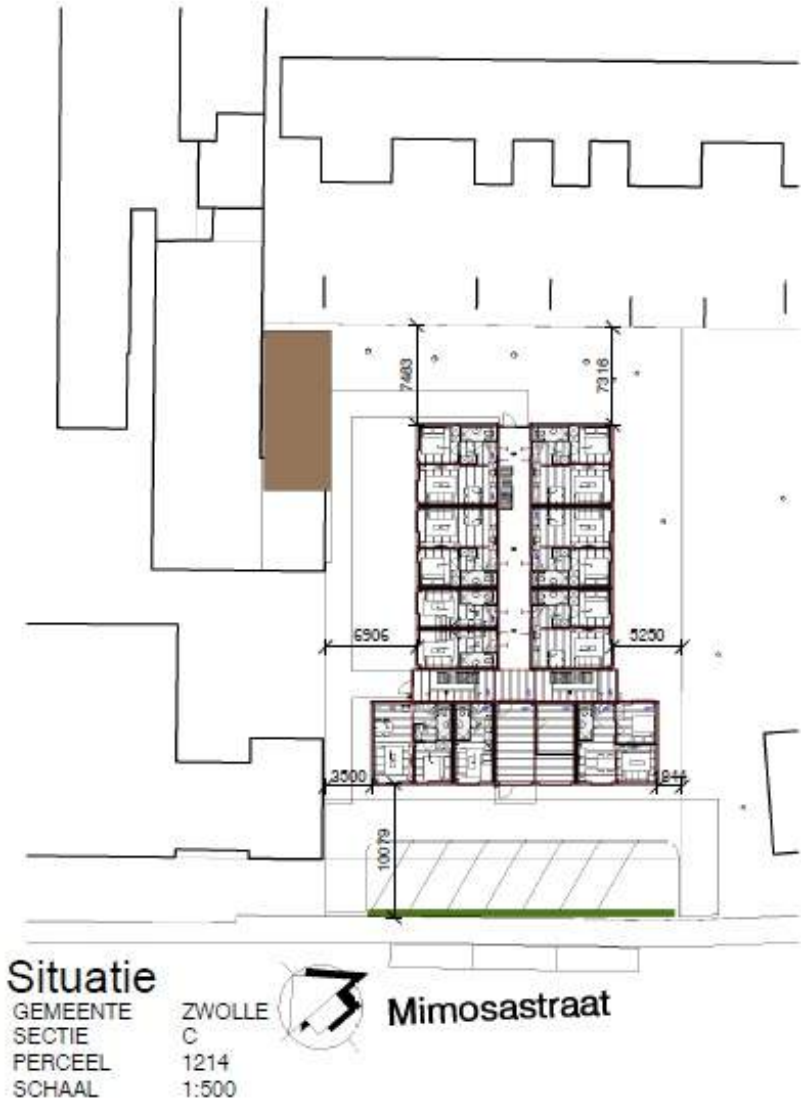
Incidenten met grote lekkage van gevaarlijke stoffen komen heel weinig voor. Het meest voorkomende type incident op wegen en spoorwegen is een lekkage van een brandbare vloeistof zoals benzine. Naast het voldoen aan het plaatsgebonden risico en het verantwoorden van het groepsrisico moet het bevoegd gezag daarom tevens ingaan op een keuze om te bouwen in het zogeheten plasbrandaandachtsgebied (PAG). Het PAG is het gebied naast Basisnetroutes waarbij rekening gehouden wordt met de effecten van een plasbrand. Deze kan ontstaan wanneer bij een ongeval vrijgekomen brandbare vloeistof ontstoken wordt.

Met het oog op een dergelijk ongeval zijn in het Bouwbesluit 2012 en de daarop berustende ministeriële regeling bouwvoorschriften gegeven voor gebouwen in plasbrandaandachtsgebieden. De plasbrandaandachtsgebieden zijn bij ministeriële regeling aangewezen.

3 Uitgangspunten risicoberekening

3.1 Plangebied

Tussen het DOAS gebouw en de portiek flatblokken aan de Mimosastraat bevindt zich een braakliggend terrein, waar SWZ voornemens is om 28 semipermanente woningen te realiseren (voor de duur van 15 jaar) te realiseren. Het terrein wordt nu gebruikt als gemeenschappelijke buurttuin.

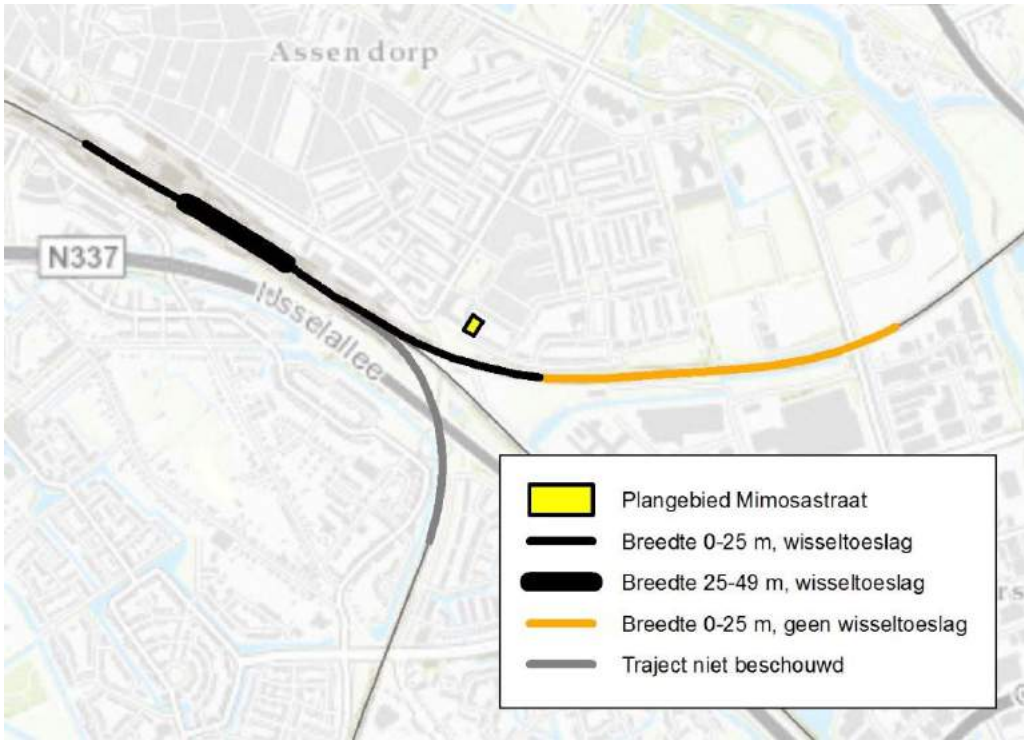


Figuur 2 situering plan

De ontwikkeling van het appartementencomplex voorziet in 22 tweepersoons- en zes éénpersoons appartementen.

Figuur 3 visualisatie semipermanente woningen

Figuur 4 toont de ligging van het plangebied ten opzichte van de spoorlijn Zwolle-Veldhoek aansluiting.



Figuur 4. Ligging plangebied en invloedsgebied rond spoorlijn

3.2 RBM II

Het risico van het transport is berekend met RBM II versie 2.3, ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat voor evaluatie van transportroutes. Voor de berekening zijn de volgende gegevens nodig:

- De transportintensiteit van gevaarlijke stoffen;
- Trajecteigenschappen zoals de uitstromingsfrequentie, de kans per voertuigkilometer dat een spoorketelwagen met gevaarlijke stoffen betrokken raakt bij een ongeval zodanig dat er uitstroming van de stof optreedt;
- Het aantal personen dat langs de route blootgesteld wordt aan de gevolgen van een ongeval;
- De meteorologische condities: hiervoor is weerstation Deelen gebruikt.

3.3 Transportintensiteit

Gerekend is met de voorgeschreven vervoersintensiteiten conform bijlage 2 van de Regeling Basisnet. Deze worden in tabel 2 getoond voor de trajecten Zwolle-Zwolle Oost (40.2) en Zwolle Oost-Herfte aansl. (40.3). Ook de zogenoemde warme/koude Bleve-verhouding die is afgeleid uit de samenstelling van de vervoersstroom is een invoerparameter. Bij de risicoberekening wordt standaard aangenomen dat 29% van het transport overdag plaatsvindt tussen 8:00 en 18:30 uur evenredig verdeeld over de dagen van de week.
In de regeling Basisnet is voor de spoorlijn Zwolle-Deventer uitsluitend transport van brandbare vloeistoffen opgenomen. Het invloedsgebied van brandbare vloeistoffen bedraagt 30 m. De ontwikkeling aan de Mimosastraat ligt daar ruimschoots buiten.

Tabel 2. Vervoershoeveelheden cf. Regeling Basisnet

Hoofdcategorie	Stofcat.	Voorbeeldstof	Aantal 40.2	Aantal 40.3
Brandbaar gas	A	Propaan	1430	1430
Toxisch gas	B2	Ammoniak	910	910
	B3	Chloor	0	0
Brandbare vloeistof	C3	Pentaan	6620	6120
Toxische vloeistof	D3	Acrylnitril	1110	1110
	D4	Acroleïne	180	180
Warme/koude Bleve-verhouding	A	Propaan	0	0
	B2	Ammoniak	0,84	0,84

3.4 Trajecteigenschappen

De baanvaksnelheid is groter dan 40 km/uur. In de berekeningen is uitgegaan van de ongevalsfrequentie van 6.07 10^{-8} per wagenkilometer voor een traject met wisseltoeslag en 2.77, 10^{-8} voor een traject zonder wisseltoeslag. Figuur 4 toont de trajecten.

3.5 Aanwezigheid personen

In de huidige situatie is het gebied braakliggend, maar heeft het de bestemming ‘Maatschappelijk’. Hiervoor is uitgegaan van 50 personen overdag en 5 ‘s nachts.

De aanwezigheidsgegevens binnen het plangebied zijn geleverd door de opdrachtgever. In de toekomstige situatie zullen hier 28 appartementen gerealiseerd zijn. Voor 22 appartementen wordt uitgegaan van 2 personen per woning waarvan 50% aanwezig overdag, voor de studentenwoningen wordt uitgegaan van 1 persoon per woning waarvan 50% aanwezig overdag. Dit resulteert in een aanwezigheid van 25 personen overdag en 50 ’s nachts. In figuur 6 is het plangebied geel weergegeven.

De bebouwing in de omgeving van het plangebied en de hiermee gepaard gaande aanwezigheid van personen binnen een zone van 995 m, het invloedsgebied van stofcategorie B2, rond het beschouwen traject is verkregen via de BAG-populatieservice. Figuur 6 toont de geleverde bevolking als blauwe vlakken. Voor de invoer in RBM II zijn bebouwingsvlakken met meer dan 100 personen geleverd als polygonen. Beneden deze drempelwaarde zijn personen toegekend aan het bevolkingsgrid waarvoor de standaard grootte van 50x50 m is gebruikt.

Figuur 5. Bebouwingsvlakken BAG-Populatieservice (blauw) en ruimtelijkeplannen.nl (groen)

Leemtes in de BAG-populatie zijn opgevuld aan de hand van bestemmingsplaninformatie. In figuur 5 zijn deze weergegeven als groene vlakken. Het gaat daarbij om de functies kantoor (nr. 1), sport (nr. 2) en bedrijven (nr. 3 en 4). Voor kantoor is uitgegaan van 200 personen per ha, alleen aanwezig overdag, voor bedrijven is uitgegaan van 40 personen per ha, alleen aanwezig overdag. De sportvelden zijn ingevoerd als weekevenement met 25 personen per ha overdag (8.5 uur) en ’s nachts (3.5 uur), de fractie buiten verblijvende personen is 0.95.

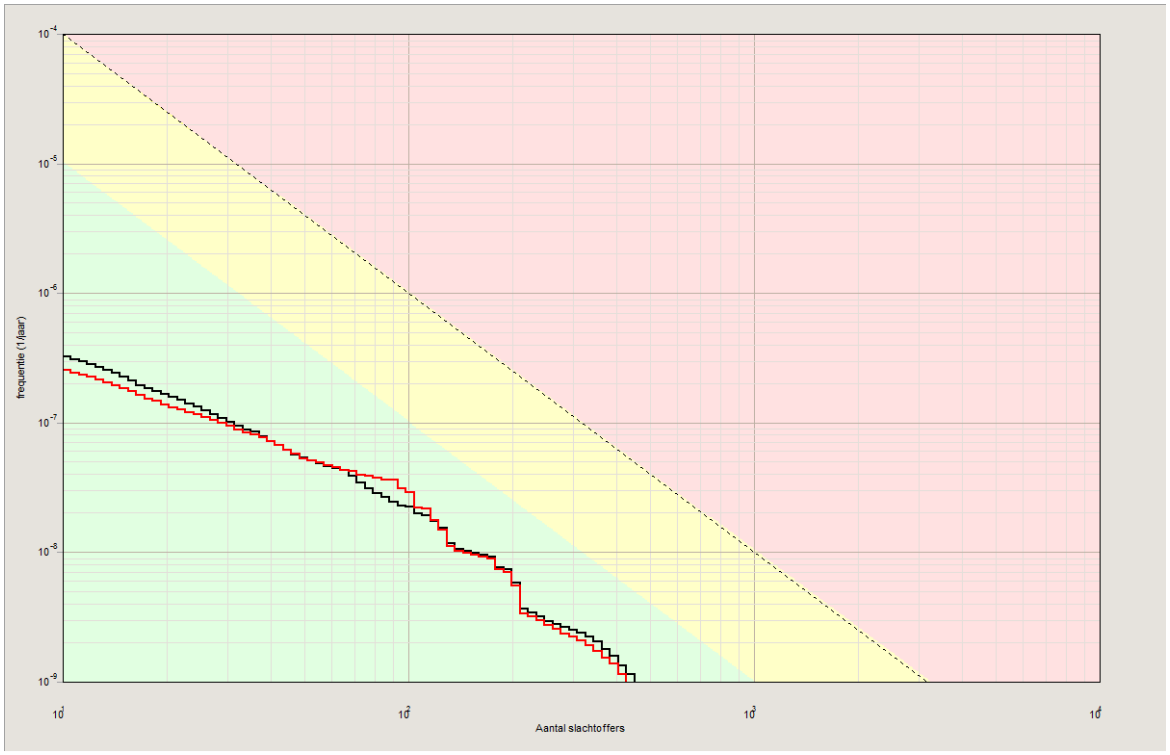
4 Resultaten

4.1 Plaatsgebonden risico

Bij het Basisnet Spoor gelden de afstanden die in bijlage 2 bij de Regeling Basisnet zijn opgenomen. Voor het traject ter hoogte van de beoogde ontwikkeling geldt een PR-plafond van 7 m. Dit betekent dat het plaatsgebonden risico vanwege het vervoer van gevaarlijke stoffen op 7 m, gemeten vanuit het midden van de spoorbundel, niet meer mag bedragen dan 10^{-6} per jaar. Het plaatsgebonden risico vormt daarmee geen belemmering voor het plangebied.

4.2 Groepsrisico

Het groepsrisico is berekend voor de huidige en toekomstige situatie. Figuur 6 toont de GR-curven. Tabel 3 toont de mate van overschrijding van de oriëntatiewaarde. Er is aangegeven hoeveel de berekende frequentie op een bepaald aantal slachtoffers maximaal afwijkt van de oriëntatiewaarde. Een waarde van 0.03 betekent dat het berekende GR over de gehele curve voor een zeker aantal slachtoffers meer dan 30 keer kleiner is dan de oriëntatiewaarde.



Figuur 6. Groepsrisicocurven

Huidige situatie

Toekomstig situatie

Tabel 3. Groepsrisico als factor ten opzichte van de oriëntatiewaarde (OW)

Situatie	Factor t.o.v. OW
Huidig	0.03
Toekomstig	0.03

Uit tabel 3 en figuur 6 blijkt dat de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico niet wordt overschreden. De voorgenomen ontwikkeling leidt niet tot een toename van het groepsrisico.

Figuur 7 vat het berekeningsresultaat op een andere wijze samen. In de figuur is het gedeelte van het traject dat het kilometervak met het maximale groepsrisico omvat weergegeven met blauwe cirkels. Geel gemarkeerd is het ongevalspunt dat de grootste bijdrage levert aan het groepsrisico van dit kilometervak. Dit punt ligt ten oosten van het plangebied.

Figuur 7. Kilometer hoogste groepsrisico toekomstige situatie

Deel van het traject dat het kilometervak met het hoogste groepsrisico omvat en een aanduiding van de grootte van dit groepsrisico. Geel gekleurd is kleiner dan 0.1 keer de oriëntatiewaarde.

Ongevalspunten met de grootste bijdrage aan het groepsrisico van dit kilometervak.

Overige deel van het traject met een groepsrisico kleiner dan 0.1 keer de oriëntatiewaarde.

4.3 Plasbrandaandachtsgebied

In de regeling Basisnet is voor het hier beschouwde traject een plasbrandaandachtsgebied (PAG) voorgeschreven. Het PAG is het gebied tot 30 m van het spoor waarin, bij de realisering van (kwetsbare) objecten, rekening dient te worden gehouden met de effecten van een plasbrand. De 30 m voor het PAG wordt gemeten vanaf de buitenste spoorstaaf van de spoorbundel.

De ontwikkeling ligt op meer dan 50 tot de buitenste spoorstaaf van de spoorbundel. Er hoeft derhalve geen rekening te worden gehouden met de effecten van een plasbrand.

5 Conclusie

Het externe veiligheidsrisico door het transport van gevaarlijke stoffen over het spoor ter hoogte van project Mimosastraat te Zwolle is berekend.

5.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico op 7 m gemeten vanuit het hart van de spoorbundel, mag niet hoger zijn dan 10^{-6}. Het plaatsgebonden risico vormt geen belemmering voor het plangebied.

5.2 Groepsrisico

Het groepsrisico is in zowel de huidige als toekomstige situatie meer dan 30 keer kleiner dan de oriëntatiewaarde. Het plangebied leidt niet tot een toename van het groepsrisico.

Omdat het groepsrisico kleiner is dan 0.1 keer de oriëntatiewaarde, kan een verantwoording van het groepsrisico achterwege blijven. Wel dient het bestuur van de veiligheidsregio in de gelegenheid te worden gesteld om advies uit te brengen. In de toelichting bij het besluit dient in elk geval in te worden gegaan op de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp en de mogelijkheden voor personen om zich in veiligheid te brengen indien een ramp zich voordoet.

5.3 Plasbrandaandachtsgebied

Voor het hier beschouwde traject geldt geen plasbrandaandachtsgebied (PAG). Er hoeft derhalve geen rekening te worden gehouden met de effecten van een plasbrand.

DPA Cauberg-Huygen B.V.

ing. H.J.W. van Wijngen
Senior Adviseur

Quickscan Natuur
Vlindertuin Mimosa straat
Zwolle

12 oktober 2017

ZOON ECOLOGIE

Colofon

Titel	Quickscan Natuur Mimosastraat / Vlindertuin
Opdrachtgever	SWZ
Uitvoerder	ZOON ECOLOGIE
Auteur	C.P.M. Zoon
Datum	12 oktober 2017

ZOON ECOLOGIE

Balkerweg 60, 7738 PB, Witharen
tel: 0523-676.470, 06-22682040
e-mail: info@zoon-ecologie.nl

Ervaring sinds 1980 met veldonderzoek naar flora en vegetatie in Nederland en met faunaonderzoek in Europa.
Vanaf 1986 is gewerkt aan vorming van natuurbeleid van overheden en effectbeoordeling van ruimtelijke plannen in Nederland.
Vanaf 1990 ervaring met mitigeren van autowegen, terreinbeheer en natuurontwikkeling.
Sinds 2010 natuurbegrazing met een eigen schaapskudde.

Inhoud

Inleiding
Doel van deze toets
Ligging van het terrein
Het plan
Status van het terrein in het beleid voor gebiedsbescherming

Natuurwaarden
Onderzoek
Toestand van de natuur
Verwachting voor beschermde soorten
Aangetroffen beschermde soorten

Effecten
Effecten van het plan op beschermde soorten
Effecten van het plan op beschermde gebieden

Conclusies
Soorten
Gebieden

Aanbevelingen
Mogelijkheden voor mitigatie van negatieve effecten
Ontheffingen

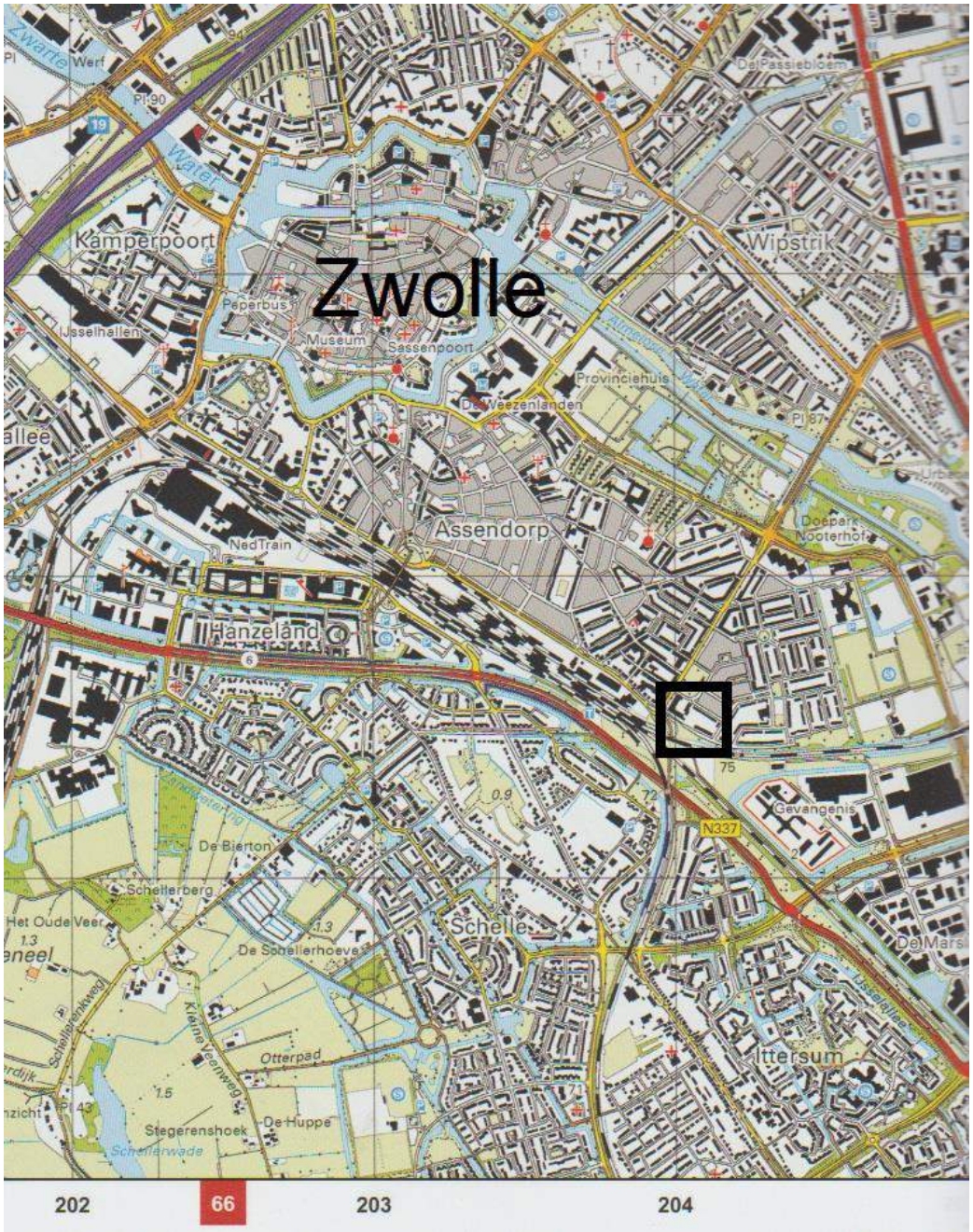
Bijlagen 1
Wettelijke grond voor een natuurtoets

Inleiding

Doel van deze toets

De Woningstichting SWZ is voornemens om woningen te bouwen op het perceel van een vlindertuin aan de Mimosastraat in Zwolle. Er moet vastgesteld worden of er mogelijk beschermde soorten planten en dieren voor kunnen komen.

Ligging van het terrein



Het plangebied in het zuidoosten van de stad Zwolle

Het plan

Status van het gebied in het beleid voor gebiedsbescherming

Het perceel ligt in de bebouwde kom van Zwolle en heeft geen gebiedsbescherming

Natuurwaarden

Onderzoek

Op de volgende data is het plangebied bezocht:

datum	tijd	doel	weer
2017/09/20	10 – 11 uur	Terreintoestand	Droog
2017/09/24	06 - 07 uur	vleermuizen	droog
2017/09/26	07:00-07:30 u	vleermuizen	Droog, mistig

Toestand van de natuur

Er is sprake van een “wilde” moestuin. Teelt van diverse gewassen in m2 bakken en potten en een enkel vast bed. Er is veel opslag van spullen en van diverse composthopen.
Er staat een houten tuinhuisje en een bijenkast met een volk.

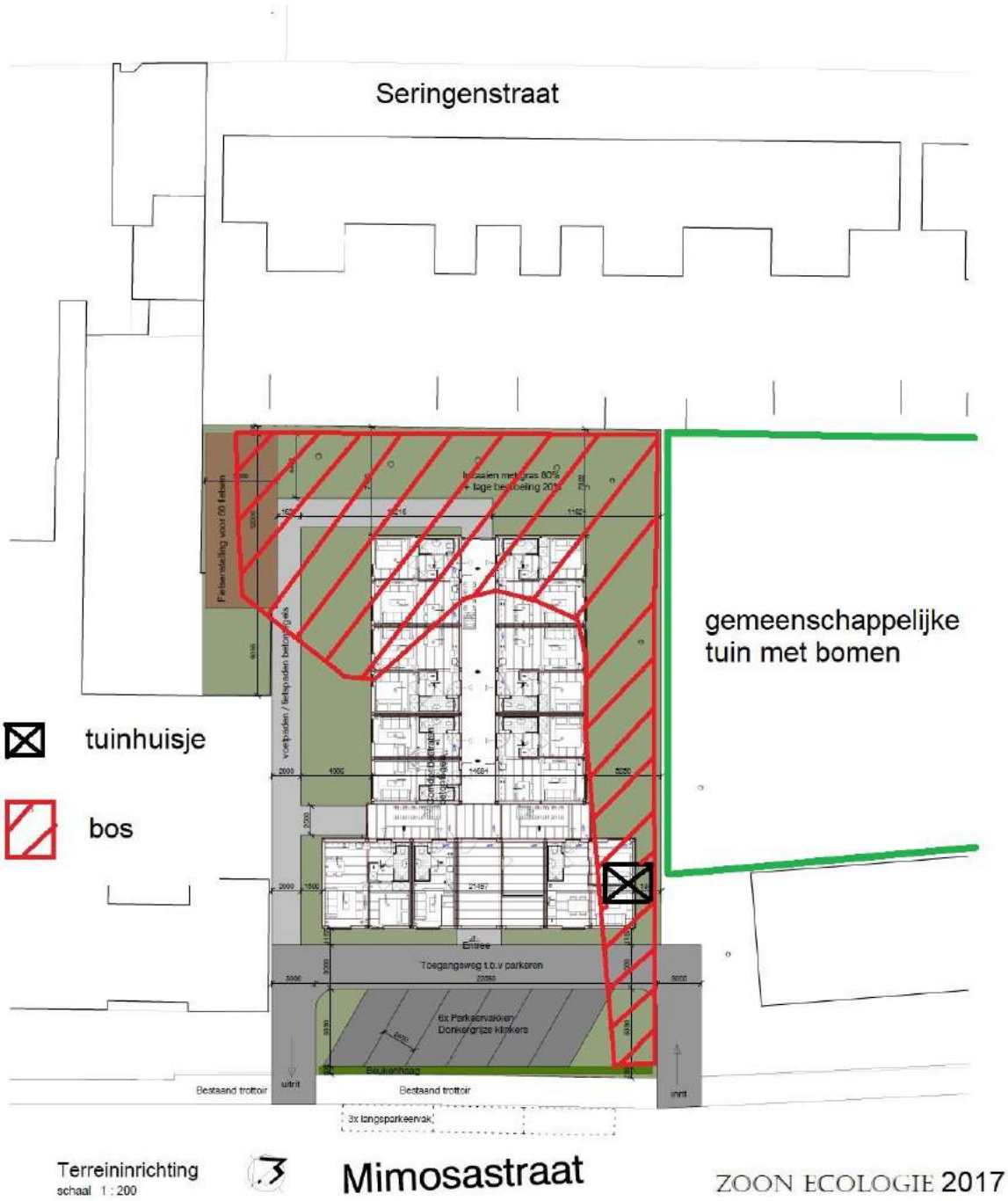
Het noordelijke achterstuk en een strook langs de oostkant bestaan uit jong bos (ca 30 jaar oud). Er zijn geen holten in deze bomen.

Samenstelling begroeiing:

Boomlaag
Iep (zonder iepziekte!) en Robinia, bij ca 10 bomen groeit klimop tot bovenin.

Struiklaag
Veldesdoorn, Meidoorn, Iep, Japanse duizendknoop, Hondsroos, Braam, Klimop en Amerikaanse vogelkers.

Kruidlaag
Brandnetel, Heermoes, Canadese fijnstraal, Kweek, Engels raaigras, Paardebloem, Smalle weegbree, Bijvoet, Akkermelkdistel, Teunisbloem, Hop, Bezemkruiskruid.



De begroeiing van het plangebied in vergelijking met het plan

Verwachting voor beschermde soorten

Vogels
De meeste vogels zullen kunnen broeden in de bomen die met klimop bedekt zijn. Vooral zangvogels. Echter geen jaarrond beschermde soorten. Wel zullen huismussen en andere stadsvogels foerageren in het terrein

Zoogdieren
Waarschijnlijk komt de egel voor (composthopen). Waarschijnlijk is het plangebied jachtterrein van vleermuizen uit de wijk. Er zijn geen vleermuisverblijfplaatsen mogelijk.

Amfibieën
Zeer waarschijnlijk is het perceel een land- en winterbiotoop voor de gewone pad en de bruine kikker. Voortplantingswateren liggen in sloten buiten de wijk.

Reptielen
Er worden geen beschermde reptielen verwacht.

Insecten
Er worden geen beschermde insecten vewacht.

Planten
Er worden geen beschermde planten verwacht

Aangetroffen beschermde soorten

Er zijn geen verblijfplaatsen van beschermde soorten aangetroffen
Enkele Gewone dwergvleermuizen werden jagend aangetroffen.

Effecten

Effecten van het plan op beschermde soorten

Vogels
Er zal een deel van de bomen moeten verdwijnen, waardoor nestgelegenheid van zangvogels zal verdwijnen. Er staan echter in de gemeenschappelijke tuinen achter de flats van de Mimosastraat en in de openbare ruimte aan overzijde van de straat nog veel andere vergelijkbare bomen met klimop. De vogels kunnen daarom voldoende nestgelegenheid vinden.
Als de velling plaatsvindt tussen maart en augustus dan worden broedende vogels verstoord en hun nesten vernietigd.

Zoogdieren
Doordat een deel van de bomen moet verdwijnen zal het jachtgebied van de Gewone dwergvleermuis verkleind worden. Er is echter nog veel geschikt jachtgebied achter de flats van de Mimosastraat dat blijft. Er zijn ook geen verblijfplaatsen van de Gewone dwergvleermuis in de nabije omgeving. Het plangebied is daardoor niet erg belangrijk. Er worden door het plan ook geen verblijfplaatsen vernietigd. Het effect van het plan op de Gewone dwergvleermuis is daardoor gering. De duurzame instandhouding van deze soort in de wijk is zeker.

Door het plan worden egels in hun verblijfplaatsen bedreigd tijdens de aanlegfase. Door een deel van het bos met composthopen te laten staan wordt dit effect geminimaliseerd. Ook werken buiten de winterslaapperiode van de egel kan voorkomen dat deze soort bedreigd wordt. Dus bouwrijp maken tussen maart en november is gunstiger voor egels.

Amfibieën
Door het plan worden kikkers en padden verstoord en hun verblijfplaatsen vernietigd. Dat kan voorkomen worden door in het voorjaar te werken, als de dieren bij hun voortplantingswateren buiten het plangebied zijn.

Effecten van het plan op beschermde gebieden

Hte plan heeft zeker geen effect op beschermde gebieden in de omgeving.

Conclusies

Soorten
Het plan heeft een licht negatief effect op Egel, Gewone pad en Bruine kikker in hun winterverblijven als bouwrijpmaken plaatsvindt tussen november en maart. Het plan heeft een licht negatief effect op het foerageren van de Gewone dwergvleermuis gedurende de periode dat deze actief is (maart – oktober). Als bouwrijp maken plaatsvindt tussen maart en juli dan worden zangvogels in de bomen bedreigd.

Gebieden
Het plan heeft geen negatieve invloed op beschermde gebieden

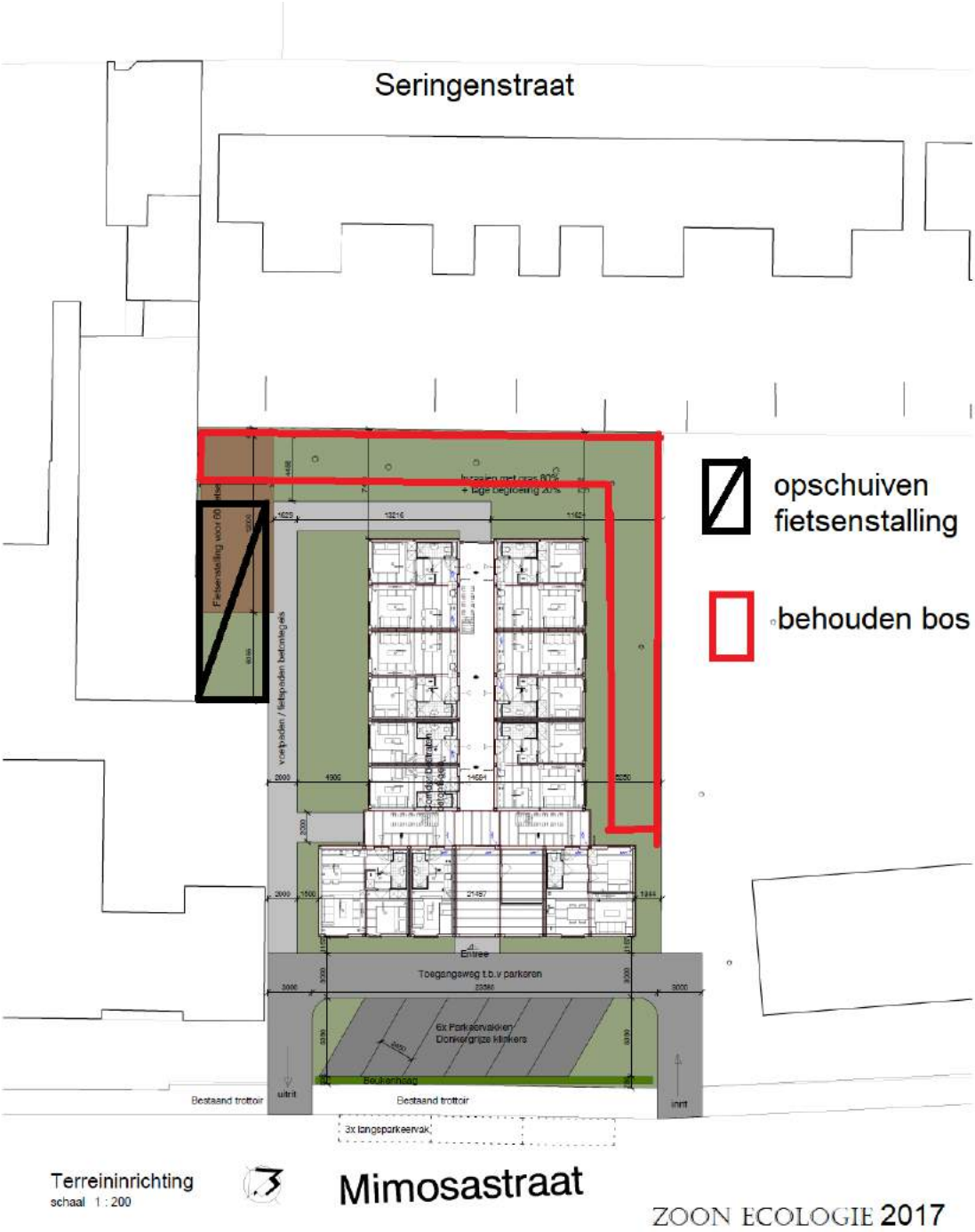
Aanbevelingen

Mogelijkheden voor mitigatie van negatieve effecten

Door een groot deel van het bos te laten staan, en niet te werken tussen maart en juli, dan worden broedvogels gespaard.
Door composthopen in het bos te handhaven en niet te werken tussen november en maart worden egels en amfibieën in hun winterverblijfplaats gespaard.
Door de fietsenstalling op te schuiven, kan langs de gehele achterkant bos behouden blijven. Nu resteert er een donker hoekje bij de poort naar de Technische school, waar weinig wil groeien.
Te behouden bos kan alleen op minimaal ca 3-5 m uit de gevel. Te behouden bos ligt langs noord- en oostzijde en zorgt dus voor weinig schaduwhinder.
Bijzonder waardevol aan het bos zijn de gezonde iepen.

Ontheffingen

Er worden geen beschermde soorten bedreigd als de aanbevelingen worden opgevolgd. .
Voor egels en amfibieën geldt een ontheffing van de vergunningplicht.



Aanbevelingen

Bijlage 1 Wettelijke grond voor een natuurtoets

Toets in het kader van gebiedsbescherming

Bescherming van Natura 2000 gebieden op grond van de Natuurbeschermingswet (artikel 2.1 t/m 2.11 Wet Natuurbescherming)

Voor elke ingreep, beheersplan, bestemmingsplan of bouwplan, dient onderzocht te worden of er negatieve effecten zijn op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000 gebieden. Deze doelstellingen zijn geformuleerd als populaties van soorten en habitats.
Voor gebieden die door de Nederlandse regering definitief zijn aangewezen, wordt getoetst, op grond van de Natuurbeschermingswet, aan de definitieve instandhoudingsdoelstellingen.
Bij gebieden die wel aangemeld zijn, maar nog niet definitief aangewezen door de Nederlandse regering, wordt getoetst aan de ontwerp instandhoudingsdoelen.
De opbouw van deze zogenaamde "habitattoets" wordt weergegeven in bijlage 2.

Bescherming van gebieden in het Nationaal Natuurnetwerk

Voor elke ingreep, beheersplan, bestemmingsplan of bouwplan in de EHS of het Provinciaal Natuurnetwerk, dat is de bestaande natuurr, geldt het principe "Nee-tenzij", waarvoor elke provincie in het kader van de provinciale Omgevingsvisie een toetsingsschema opgesteld heeft. Ingrepen binnen deze gebieden zijn niet toegestaan, tenzij significante verslechtering van de wezenlijke waarden en kenmerken voorkomen wordt. Voor een ruimere beschermingszone rond dit Provinciaal natuurnetwerk, waar natuur ontwikkeld kan worden met behoud van bestaande economische functies, geldt het principe “ja-mits”: Ingrepen kunnen plaatsvinden, mits de wezenlijke waarden en kernmerken behouden blijven.
De wezenlijke waarden en kernmerken, ook wel kernkwaliteiten genoemd, worden door de provincie beschreven.

Toets in het kader van soortbescherming

Bij elk plan dat ingrijpt op standplaatsen van planten of vaste verblijfplaatsen van dieren, dient getoetst te worden wat het effect is op beschermde soorten, die met name genoemd zijn in de Natuurbeschermingswet. Deze wet geldt altijd en overal, waar beschermde soorten voorkomen.

Zorgplicht soortbescherming (art.1.1. Natuurbeschermingswet)

Ook onbeschermde soorten mogen niet onnodig moedwillig vernietigd worden. Iedereen dient zich te houden aan de zorgplicht.
Dit houdt in dat de ingreep op zodanige wijze dient plaats te vinden, dat de schade aan soorten zoveel mogelijk beperkt wordt. Men dient bij de uitvoering rekening te houden met kwetsbare perioden van soorten (voortplantingstijd, overwintering).
Alle soorten die tijdens de ingreep aangetroffen worden dienen verplaatst of beschermd te worden, zodat zij behouden kunnen blijven.
Vaak is hiervoor deskundige begeleiding nodig bij de uitvoering van het plan.

Beschermingscategorieën

In de Natuurbeschermingswet worden beschermde soorten in drie beschermingscategorieën ingedeeld.

A. Vogelsoorten genoemd in art. 1 van de Vogelrichtlijn
B. Dier- en plantensoorten genoeme in Bijlage IV a en b van de Habitatrichtlijn
C. Overige dier– en plantensoorten genoemd in Bijlage A en B van de Natuurbeschermingswet.

A. Van nature in Nederland in het wild levende vogels uit art. 1 van de Vogelrichtlijn

Art. 3.1. benoemt de verboden handelingen, waarvan wij hier alleen handelingen noemen die voorkomen bij ruimtelijke ontwikkeling.

.

Lid 1. Het is verboden opzettelijk van nature in Nederland in het wild levende vogels te doden of te vangen.

Lid 2. Het is verboden opzettelijk nesten, rustplaatsen en eieren van vogels te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen.

Lid 4. Het is verboden vogels als bedoeld in het eerste lid opzettelijk te storen.

Lid 5. Het verbod (verstoren), bedoeld in het vierde lid, is niet van toepassing indien de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort.

Gedeputeerde Staten kunnen op grond van art. 3.3 ontheffing verlenen van de verboden uit art. 3.1, als aan alle van de volgende voorwaarden voldaan is:

a. Er is geen andere bevredigende oplossing
b. De ingreep is nodig in het kader van de volgende belangen, die bij ruimtelijke ontwikkeling een rol kunnen spelen:
   - volksgezondheid of openbare veiligheid;
   - voorkomen van belangrijke schade;
c. De ingreep leidt niet tot verslechtering van de staat van instandhouding van de soort.

Naast deze strikte bescherming van alle vogels tijdens het broedseizoen, gelden er nationale regels voor extra bescherming van nesten.

Aangepaste lijst van beschermde vogelsoorten

Van alle vogelsoorten zijn de bewoonde nesten tijdens het broedseizoen beschermd.
Daarboven zijn nesten en verblijfplaatsen van vogels jaarrond beschermd, als deze:

- het gehele jaar gebruik maken van de verblijfplaatsen (cat. 1);
- honkvaste koloniebroeders zijn (cat. 2);
- honkvaste niet-koloniebroeders zijn (cat. 3);
- zelf geen nest maken en elk jaar naar hetzelfde nest terugkeren (cat. 4).

B. In het wild levende soorten uit bijlage IV onderdeel a (dieren) of onderdeel b (planten) van de Habitatrichtlijn in hun natuurlijke verspreidingsgebied.

Art. 3.5 benoemt de verboden handelingen, waarvan wij hier alleen handelingen noemen die voorkomen bij ruimtelijke ontwikkeling.

Lid 1. Het is verboden in het wild levende dieren van soorten, genoemd in bijlage IV, onderdeel a, bij de Habitatrichtlijn, opzettelijk te doden of te vangen.
Lid 2. Het is verboden dieren van soorten uit bijlage IV, onderdeel a, van de Habitatrichtlijn, opzettelijk te verstoren.
Lid 4. Het is verboden de voortplantingsplaatsen of rustplaatsen van dieren als bedoeld in het eerste lid te beschadigen of te vernielen.
Lid 5. Het is verboden planten van soorten uit bijlage IV, onderdeel b van de Habitatrichtlijn, opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.

Gedeputeerde Staten kunnen op grond van art. 3.8 ontheffing verlenen van de verboden uit art. 3.5, als aan alle van de volgende voorwaarden voldaan is:

a. Er is geen andere bevredigende oplossing
b. De ingreep is nodig in het kader van de volgende belangen, die bij ruimtelijke ontwikkelingen een rol kunnen spelen:
   - Voorkomen van ernstige schade;
   - Volksgezondheid, openbare veiligheid of andere dwingende redenen van groot openbaar belang; met inbegrip van redenen van sociale of economische aard en met inbegrip van voor het milieu wezenlijke gunstige effecten
c. Er wordt geen afbreuk gedaan aan het streven de populaties van de betrokken soort in hun natuurlijke verspreidingsgebied in een gunstige staat van instandhouding te laten voortbestaan.

C. In het wild levende dieren van soorten uit bijlage A en in het natuurlijke verspreidingsgbied voorkomende planten van soorten uit bijlage B van de Natuurbeschermingswet

Artikel 3.10 benoemt de verboden handelingen, waarvan wij hier alleen de handelingen noemen die voorkomen bij ruimtelijke ontwikkeling en renovatie.

Lid 1a. Het is verboden dieren van soorten uit bijlage A van deze wet opzettelijk te doden of te vangen.
Lid 1b. Het is verboden de voortplantingsplaatsen en rustplaatsen van de soorten uit bijlage A van deze wet, opzettelijk te beschadigen of te vernielen.
Lid 1c. Het is verboden de planten van soorten uit bijlage B van deze wet, opzettelijk te plukken, te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen.

Gedeputeerde Staten kunnen op grond van art. 3.10 lid 2 ontheffing verlenen van de verboden uit art. 3.10, als aan alle van de volgende voorwaarden voldaan is:

a. Er is geen andere bevredigende oplossing
b. De ingreep is nodig in het kader van de volgende belangen, die bij ruimtelijke ontwikkeling of renovatie een rol kunnen spelen:
   - Voorkomen van ernstige schade;
   - Volksgezondheid, openbare veiligheid of andere dwingende redenen van groot openbaar belang;
   - in het kader van de ruimtelijke inrichting of ontwikkeling van gebieden, daaronder begrepen het daarop volgende gebruik van het ingerichte of ontwikkelde gebied;
   - ter voorkoming van schade of overlast;
   - in het algemeen belang
c. Er wordt geen afbreuk gedaan aan het streven de populaties van de betrokken soort in hun natuurlijke verspreidingsgebied in een gunstige staat van instandhouding te laten voortbestaan.

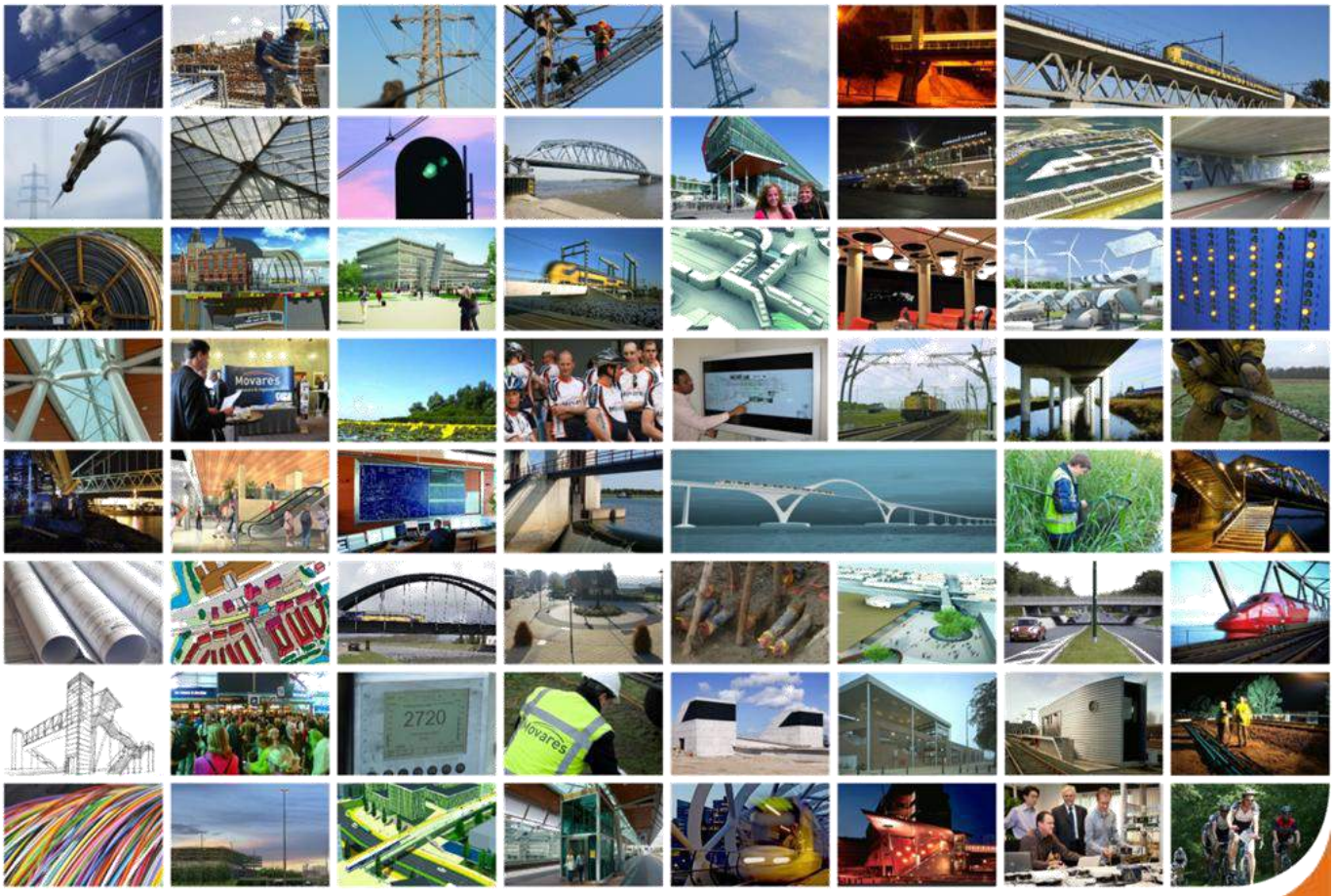
Art. 3.31 lid 1: De verboden in artikel 3.1 en 3.5 gelden niet voor handelingen die zijn beschreven in een door de Minister goedgekeurde gedragscode in het kader van:

- een bestendig beheer of onderhoud aan vaarwegen, watergangen, waterkeringen, waterstaatswerken, oevers, vliegvelden, wegen, spoorwegen of bermen, of in het kader van natuurbeheer;
- een bestendig beheer of onderhoud in de landbouw of de bosbouw;
- een bestendig gebruik;
- ruimtelijke ontwikkeling of inrichting.

Zo'n gedragscode houdt zich aan de beschreven belangen (art. 3.31 lid 2), die de handeling noodzakelijk maken, zoals genoemd in art. 3.3, 3.8. De beschreven handelingen mogen geen economische benutting als doel hebben. De gedragscode beschrijft hoe er zorgvuldig gehandeld wordt. Zorvuldig handelen betekent dat er zo min mogelijk dieren worden gedood, verblijfplaatsen, eieren en planten worden vernield (art 3.31 lid 3).

Akoestisch onderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte



12 januari 2016- Versie 2.0

wij verbinden

Autorisatieblad

Akoestisch onderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Thijs Meeuws		
Controle door	Stefan Voeten		
Vrijgave door	Pauline van Veen		

Samenvatting

Spooruitbreiding Zwolle - Herfte

Station Zwolle vormt het op één-na-grootste treinverkeersknooppunt van Nederland en is daarmee een belangrijke schakel voor treinen tussen het Noorden van Nederland en de Randstad. De wens bestaat om in de toekomst de capaciteit rondom station Zwolle uit te breiden en te verbeteren. Om aan deze wens te voldoen zal het spoortraject Zwolle-Herfte moeten worden aangepast om een betere aansluiting van treinen te verkrijgen.

Om de capaciteit van het baanvak te vergroten worden onder meer twee extra sporen en een vrije spoorkruising tussen Zwolle en Herfte aangelegd. In het Tracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte wordt de uitbreiding van de sporen en de ligging van het tracé planologische vastgelegd. Als onderbouwing voor het tracébesluit wordt er akoestisch onderzoek uitgevoerd.

In het voortraject van het ontwerptracébesluit zijn drie varianten voor de vrije kruising in de spooruitbreiding onderzocht. In november 2015 heeft het Bestuurlijk Overleg Spoor Noord-Nederland een advies uitgebracht om te kiezen voor de vrije kruising door middel van een dive under bij Herfte. In het (ontwerp)tracébesluit zijn de spooraanpassingen volgens deze variant uitgewerkt. Dit rapport bevat het onderzoek naar de effecten van het project op het thema geluid.

Werkwijze akoestisch onderzoek

Bij het vaststellen van een tracébesluit gelden voor geluid de wettelijke regels uit hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer. Op grond van dit hoofdstuk zijn geluidproductieplafonds (GPP's) vastgesteld langs spoorwegen. De hoogte van de GPP's zijn ingevoerd in een databestand, het Geluidregister[1]. ProRail draagt zorg voor de naleving van deze geluidplafonds. Jaarlijks wordt in een nalevingsverslag gerapporteerd in hoeverre de geluidemissie van het Nederlandse spoorwegnet voldoet aan de GPP's[2],Bij de besluitvorming van spooruitbreidingen wordt vooraf getoetst aan de GPP's. ProRail maakt hierbij gebruik van eigen databestanden.

Alle wijzigingen van het project Zwolle-Herfte, zoals spoorligging, treintypen, treinsnelheden e.d. zijn in een rekenmodel opgenomen, waarna de geluidemissie is getoetst aan de waarde in het Geluidregister.

Conclusies akoestisch onderzoek In de omgeving van de Mimosastraat kan het geprojecteerd saneringsscherm niet meer gebouwd worden vanwege de spooruitbreiding. Uit het akoestisch onderzoek is gebleken dat door (onder andere) het aanvankelijk niet kunnen realiseren van het geluidscherm de geldende geluidproductieplafonds worden overschreden.

Uit de daarop volgende doelmatigheidsafweging volgt dat in de omgeving van de Mimosastraat nieuwe maatregelen getroffen moeten worden. De maatregelen bestaan uit twee geluidschermen in combinatie met raildempers. De doelmatige maatregelen worden in de tabel hieronder weergegeven.

[1] http://www.geluidspoor.nl/geluidregisterspoor.html
[2] http://www.geluidspoor.nl/nalevingsverslagen.html

Tabel 1 Overzicht doelmatige maatregelen

Geluidschermen

Locatie Geluidscherm [Cluster]	Hoogte tov BS [m]	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte [m]
Mimosastraat	1.5	tussen de sporen*	74.980	75.164	184
Mimosastraat	1	4.75 m t.o.v. noordelijke sporen	75.154	75.250	96

*let op: afstand van scherm tot spoor variabel (precies tussen sporen)

Raildempers

Locatie Raildempers [Cluster]	Aantal sporen	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte totaal [m]
Mimosastraat	2	2 meest zuidelijke sporen	75.164	75.450	572*

*2 x 286 meter

De exacte locaties van de doelmatige maatregelen zijn beschreven in hoofdstuk 5 en worden grafisch weergegeven in bijlage VI.

Met het maatregelpakket wordt op alle geluidgevoelige objecten voldaan aan de streefwaarde en is geen nader onderzoek naar de geluidwering vereist.

De GPP's worden gewijzigd in het projectgebied als gevolg van het project Zwolle Herfte. Daarvoor moeten de projectgegevens inclusief maatregelen in het geluidregister opgenomen worden.

In de omgeving van de gewijzigde GPP's (verlaging) moet 'gekoppeld' de sanering onderzocht worden. Uit de geluidsberekeningen blijkt dat alle saneringswoningen in de omgeving van de te wijzigen GPP's voldoen aan de saneringsstreefwaarde van 65 dB.

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

1 Inleiding **5**
1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte 5
1.2 Het tracébesluit 5
1.3 Voortraject 5
1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle 6
1.5 Doel van dit onderzoek 6
1.6 De ligging van het tracé 6
1.7 Leeswijzer 7

2 Wettelijk kader **8**

3 Uitgangspunten van het onderzoek **11**
3.1 De spooruitbreiding 11
3.2 Geluidmodel 12
3.3 Omvang studiegebied 12
3.4 Gegevens uit het geluidregister 13
3.5 Uitgangspunten rekenmodel voor toetsing aan de GPP's 13
3.6 Uitgangspunten rekenmodellen bij geluidsgevoelige objecten 13
3.7 Treinintensiteiten toekomstige situatie 14
3.8 Snelheden toekomstige situatie 16
3.9 Spoorgebruik 17
3.10 Bovenbouw toekomstige situatie 18
3.11 Brugtoeslagen 18
3.12 Geluidschermen 19
3.13 Saneringsprogramma Mimosastraat 19
3.14 Dive-under 20
3.15 Rekenmethode 20

4 Resultaten toetsing aan GPP's **21**
4.1 Inleiding 21
4.2 Resultaten 21
4.2.1 *Overschrijdingen nabij Station Zwolle* *21*
4.2.2 *Overschrijdingen nabij de Mimosastraat* *22*
4.2.3 *Overschrijdingen nabij dive under Herfte* *23*
4.3 Onderzoeksgebieden 23
4.3.1 *Uitbreiding onderzoeksgebied vanwege niet realiseren scherm* *24*
4.3.2 *Uitbreiding onderzoeksgebied vanwege nieuwe GPP-punten* *24*
4.3.3 *Onderzoeksgebieden totaal* *24*
4.4 Conclusie GPP-toets 25

5 Maatregelen **26**
5.1 Inleiding 26
5.2 Algemene aanpak 26
5.3 Resultaten woningniveau 27
5.4 Afweging doelmatige maatregelen 28
5.5 Vaststelling geluidproductieplafonds 32
5.6 Objecten boven de streefwaarden 34
5.7 Cumulatie 34

5.8 Gevolgen spooruitbreiding niet geluidgevoelige objecten 34
5.9 Laagfrequent geluid 34

6 Samenvatting en conclusies 35

Colofon 37

Bijlage I - Details wettelijk kader

Bijlage II – Bovenbouw geluidregister en toekomst

Bijlage III – Resultaten GPP-toets

Bijlage IV – Onderzoeksgebieden

Bijlage V – Overschrijdingen woningniveau en indeling cluster

Bijlage VI – Doelmatige maatregelen

Bijlage VII – Resultaten geluidsbelastingen per geluidgevoelig object

Bijlage VIII – Resultaten Eindtoets

Bijlage IX – Overzicht te wijzigen GPP's

Bijlage X – Overzicht saneringsobjecten

1 Inleiding

1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte

De capaciteit van het baanvak tussen station Zwolle en de spoorsplitsing bij Herfte is te klein. Hierdoor moeten veel binnenkomende en vertrekkende treinen op station Zwolle op elkaar wachten, waardoor treinreizen langer duren dan nodig. De beperkte capaciteit maakt het ook onmogelijk om de dienstregeling uit te breiden met extra treinen. Deze uitbreiding is wel gewenst. Om deze problemen op te lossen zullen onder meer twee extra sporen en een vrije spoorkruising tussen Zwolle en Herfte worden aangelegd.

1.2 Het tracébesluit

In het Tracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte wordt de uitbreiding van de sporen en de ligging van het tracé planologische vastgelegd.
Het tracébesluit heeft betrekking op de uitbreiding van de hoofdspoorweg vanaf het emplacement van station Zwolle tot voorbij de aansluiting in Herfte alsmede de verlegging van een spoor op emplacement Zwolle ten behoeve van een perronverbreding. Bij de spooruitbreiding worden de volgende maatregelen getroffen:

- de realisatie van twee nieuwe geëlektrificeerde sporen over een lengte van ongeveer 3 kilometer vanaf het emplacement van station Zwolle (km 2.85) tot voorbij de aansluiting in Herfte (tot km 77.6 van de spoorlijn Zwolle - Meppel en km 4.8 van de spoorlijn Zwolle - Emmen);
- het realiseren van een vrije spoorkruising tussen km 76.9 van de spoorlijn Zwolle – Meppel en km 4.15 van de spoorlijn Zwolle – Emmen;
- het realiseren van nieuwe kunstwerken;
- het verleggen van spoor 16 op het emplacement van station Zwolle ten behoeve van het realiseren van een perronverbreding;
- het aanpassen van de bestaande infrastructuur.

Het project betreft een uitbreiding van een reeds bestaande verbinding. Het tracébesluit doorloopt in dit geval de verkorte Tracéwetprocedure.

1.3 Voortraject

In het voortraject van het ontwerptracébesluit zijn drie varianten voor de vrije kruising in de spooruitbreiding onderzocht. Deze drie varianten waren:

- Een vrije kruising door middel van een dive under ter plaatse van de Mimosastraat
- Een vrije kruising door middel van een fly over nabij de Marsweg
- Een vrije kruising door middel van een dive under nabij de spoorsplitsing bij Herfte

Van deze drie varianten is een ontwerp gemaakt en zijn de kosten geraamd. Van elk van de varianten zijn de effecten op de reistijden en de effecten op het milieu in kaart gebracht.
In het Bestuurlijk Overleg van 16 oktober 2015 is de voorkeur uitgesproken voor variant 3: de vrije kruising door middel van een dive under bij Herfte. In de kamerbrief Uitkomsten BO's MIRT najaar 2015 (13 november 2015) heeft de minister van de IenM de kamer geïnformeerd over de variantkeuze. In het (ontwerp)tracébesluit zijn de spooraanpassingen volgens deze variant uitgewerkt.

1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle

De spooraanpassingen tussen Zwolle en Herfte maken onderdeel uit van het grotere programma ‘ZwolleSpoort’. In dit kader worden ook sporen, wissels en seinen bij station Zwolle aangepast en wordt het Rangeer- en Goederenstation (RGS) Zwolle uitgebreid en voorzien van een tweede toegang. Die aanpassingen maken geen onderdeel uit van het tracébesluit.

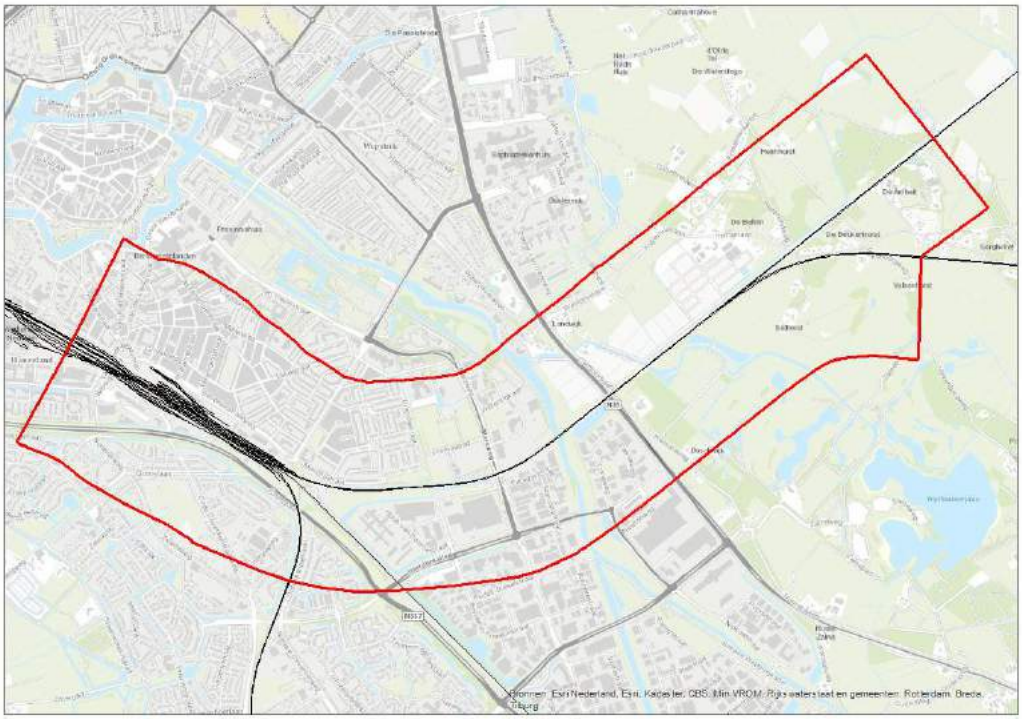
1.5 Doel van dit onderzoek

In dit rapport zijn de effecten van de spooruitbreiding en de vrije kruising op het aspect geluid beschreven. Dit rapport vormt een bijlage bij het tracébesluit. De uitkomsten van dit rapport zijn in samengevatte vorm opgenomen in de Toelichting bij het tracébesluit.

Hierbij is in dit rapport beschreven hoe voldaan kan worden aan de wettelijke eisen uit de Wet milieubeheer en welke doelmatige geluidmaatregelen getroffen moeten worden om aan deze eisen te voldoen. Deze mitigerende maatregelen zijn opgenomen in het tracébesluit.

1.6 De ligging van het tracé

Het tracébesluit heeft betrekking op de realisatie van twee nieuwe geëlektrificeerde sporen over een lengte van ongeveer 3 kilometer vanaf het emplacement van station Zwolle (km 2,85) tot voorbij de aansluiting in Herfte (tot km 77.6 van de spoorlijn Zwolle-Meppel en km 4.8 van de spoorlijn Zwolle – Emmen).
Het tracébesluit omvat hiermee de spoorverdubbeling en de vrije kruising, enkele andere spooraanpassingen in de nabijheid van het station en de verbreding van perron 15/16.



Figuur 1.1 Ligging van het tracé

1.7 Leeswijzer

De hoofdstukken in dit rapport zijn deels zelfstandig los van elkaar te lezen. Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 het wettelijk kader beschreven van dit akoestisch onderzoek op grond van de Wet milieubeheer, het Besluit geluid milieubeheer, de Regeling geluid milieubeheer en het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2012. Hoofdstuk 3 beschrijft de gehanteerde uitgangspunten van het akoestisch onderzoek. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de toets aan de GPP's behandeld en worden de onderzoeksgebieden toegelicht. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van het onderzoek naar de geluidsbelastingen op geluidsgevoelige objecten opgenomen. Dit hoofdstuk beschrijft tevens de gemaakte afweging om de doelmatige geluidmaatregelen te bepalen. Hoofdstuk 6 geeft een beoordeling van het project en de conclusies die hieruit kunnen worden getrokken

In bijlage I wordt het wettelijk kader verder toegelicht. De verschillen tussen de gehanteerde bovenbouw van de situatie in het geluidregister en de toekomstige situatie zijn weergegeven in bijlage II. Verder kan men in bijlage III een grafische weergave vinden van de toets aan de geluidproductieplafonds. In bijlage IV zijn daarbij de onderzoeksgebieden weergegeven. De grafische toets van de geluidbelasting op woningniveau vindt u in bijlage V. Als men geïnteresseerd is in de geluidbelasting van de eigen wijk en naar eventuele geluidmaatregelen dan kan men het lezen van dit rapport beperken tot bijlage VI en VII. De resultaten van de Eindtoets zijn te zien in bijlage VIII. Bijlage IX bevat de te wijzigen GPP's. Tot slot laat bijlage X zien welke saneringsobjecten 'gekoppeld' mee zijn genomen bij het wijzigen van de GPP's.

2 Wettelijk kader

Het wettelijk kader voor het akoestisch onderzoek van dit project wordt gevormd door hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer (Wm). Dit hoofdstuk bevat een beknopte samenvatting van de wetgeving. Bijlage I bevat een gedetailleerde toelichting.

Wet milieubeheer

De Wm stelt eisen aan de *geluidproductie* van de spoorweg in de vorm van geluid-productieplafonds (GPP's). ProRail moet de GPP's naleven en daarover elk jaar rapporteren. Als niet aan de geluidproductieplafonds kan worden voldaan, bijvoorbeeld door uitvoering van een project, stelt de wet eisen aan de *geluidsbelasting* die optreedt op woningen en andere geluidsgevoelige objecten. Hoe de geluidsbelasting wordt berekend is toegelicht in bijlage I.

Vaststelling GPP's

De wet is gebaseerd op het principe van een 'stand still'. De geluidemissie mag niet (veel) toenemen. Bij het vaststellen van de GPP's op 1 juli 2012 zijn deze gebaseerd op het gemiddelde van de geluidproductie in de jaren 2006, 2007 en 2008. Bovenop dit gemiddelde is een ruimte van 1,5 dB gereserveerd. Deze ruimte is nodig om een normale exploitatie van de spoorweg binnen het geluidproductieplafond mogelijk te maken (Wm artikel 11.45 lid 1). Daarbij zijn enkele uitzonderingen gemaakt voor recente projecten (Wm artikel 11.45 lid 2) en voor de zogeheten dunne lijnen (Wm artikel 11.45 lid 3).

Een verdere beschrijving van de GPP's staat in bijlage I. Figuur 2.1 geeft de ligging van de GPP punten langs de spoorlijnen in dit akoestisch onderzoek.

Figuur 2.1 Ligging van referentiepunten waarop geluidproductieplafonds gelden in het gebied tussen Station Zwolle en Hertfte (afkomstig uit het geluidregister spoor)

Systematiek toetsing GPP's

Bij de voorbereiding van een project gaat de initiatiefnemer na of de situatie na uitvoering van het project binnen de geldende GPP's zal blijven. Als verwacht wordt dat na uitvoering van het project binnen de geldende GPP's gebleven wordt, kan het project zonder verder onderzoek uitgevoerd worden (zie bijlage I).

Als de situatie na uitvoering van het project *niet* binnen de GPP's past, bijvoorbeeld omdat groei van het treinverkeer wordt verwacht, kan de beheerder ervoor kiezen om maatregelen te treffen aan de bron, zodat de GPP's nageleefd kunnen worden. Als de beheerder daar niet voor kiest, of als na het treffen van deze bronmaatregelen nog niet voldaan kan worden aan de GPP's, is een wijziging van een of meerdere GPP's mogelijk (zie bijlage I).

Als een GPP verhoogd moet worden, moet de spoorweg bij vervanging voldoen aan de eisen van "minimale akoestische kwaliteit". Als een GPP gewijzigd wordt is altijd onderzoek nodig naar het geluid op de woningen en andere geluidsgevoelige objecten.

Streefwaarde

Elk geluidsgevoelig object heeft een "streefwaarde" voor de geluidsbelasting. Over het algemeen is de streefwaarde gelijk aan de waarde bij het volledig gevulde geldende GPP. Op grond van de voorgeschiedenis kan er sprake zijn van een "sanerings-situatie". Voor saneringsobjecten gelden andere streefwaarden (zie bijlage I). Als er een overschrijding van een GPP optreedt, moet ook de sanering worden meegenomen. Dit wordt gekoppelde sanering genoemd.

Bij wijziging van de GPP's dient ernaar gestreefd te worden om de streefwaarden niet te overschrijden. Om dat te bereiken kan het nodig zijn geluidmaatregelen te treffen. Als geluidmaatregelen financieel niet doelmatig zijn of op andere bezwaren stuiten mogen de streefwaarden binnen bepaalde grenzen overschreden worden (zie bijlage I).

Doelmatigheidsafweging

De te maken doelmatigheidsafweging voor geluidmaatregelen is in detail in de wet vastgelegd (zie bijlage I). De doelmatigheidsafweging wordt toegepast op clusters (groepen) geluidsgevoelige objecten waarbinnen sprake is van een overschrijding van de streefwaarde op tenminste één geluidsgevoelig object. Dit knelpunt moet gelegen zijn in het gebied waarbinnen een overschrijding van het GPP plaatsvindt, het zogenaamde overschrijdingsgebied[3].

Maatregelen kosten geld. Die kosten worden uitgedrukt in maatregelpunten. Een cluster krijgt een budget om het geluid te reduceren in de vorm van reductiepunten. Maatregelen zijn doelmatig als het aantal maatregelpunten lager is dan het aantal reductiepunten. Er kan echter met een goedkopere maatregel worden volstaan als een uitgebreidere maatregel niet veel extra geluidreductie oplevert of als aan de streefwaarden wordt voldaan met een goedkopere maatregel.

Cumulatie

Bij het geluidonderzoek op geluidsgevoelige objecten wordt als de streefwaarde niet wordt bereikt ook de cumulatie (samenloop) met andere geluidsbronnen onderzocht voor zover een andere bron de voorkeurswaarde overschrijdt (zie bijlage I).

Tracébesluit en binnenwaarden

Tenslotte worden nieuwe waarden voor de geluidproductieplafonds vastgesteld in het tracébesluit. Als het tracébesluit onherroepelijk is, wordt onderzocht of verbetering van de gevelisolatie nodig is om te voldoen aan de wettelijke eisen voor de binnenwaarde.

[3] Naast overschrijdingsgebieden kan het knelpunt ook gelegen zijn in een gebied waar het GPP gewijzigd moet worden. Dit kan bijvoorbeeld zijn vanwege het verwijderen van schermen in het register of het verbreden van de spoorbundel waardoor referentiepunten verplaatst moeten worden.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd voor geluidsgevoelige objecten waarvan de geluidsbelasting (na het project) niet voldoet aan de streefwaarde binnen de GPP-overschrijdingsgebieden.

3 Uitgangspunten van het onderzoek

3.1 De spooruitbreiding

In het kort

Vanaf Zwolle (spoor 15/16) tot aan Herfte aansluiting wordt het aantal sporen uitgebreid van twee naar vier sporen. Tussen de Ceintuurbaan en Herfte wordt een dive under gerealiseerd waar de sporen van en naar Emmen onder de sporen van en naar Meppel geleid worden. Bij Herfte wordt de boog richting Emmen aangepast zodat de reizigerstreinen hier harder kunnen rijden.

Spooraanpassingen

De treinen uit Emmen komen aan op spoor 16, langs perron 1b. Dit perron is te smal om grote aantallen passagiers te kunnen verwerken. Daarom wordt dit perron verbreed. Spoor 16 wordt daarbij iets naar het noorden verlegd en komt daarbij buiten de huidige grens van de spoorzone te liggen.

Vanaf de sporen 15 en 16 worden twee nieuwe sporen langs de noordzijde van de huidige doorgaande spoorbundel getrokken. Deze twee nieuwe sporen liggen ongeveer vanaf de kruising met de Hortensiastraat buiten de bestaande sporenbundel; vanaf de knik in de Hortensiastraat liggen de nieuwe noordelijke sporen op het huidige spoortracé en de twee anders sporen zuidelijk daarvan.

Na de kruising met de Ceintuurbaan buigen alle vier de sporen naar het zuiden en vervolgens gaan de twee noordelijke sporen de toerit van de dive under in. De sporen kruisen vervolgens onder de sporen van en naar Meppel door die op het gesloten deel van de dive under liggen. De sporen van en naar Meppel komen ter hoogte van de spoorwegovergang Herfterlaan weer op het huidige tracé. Het spoor naar Emmen komt iets voorbij overweg Selhorst weer op het huidige tracé.

Kunstwerken

Op het traject bevinden zich een drie verkeerswegen en twee waterwegen die door de nieuwe sporen gekruist moeten worden. Het betreft, gezien vanaf station Zwolle:

- Fietspad Hortensiastraat. De huidige fietstunnel moet aan de noordzijde worden verbreed met een nieuw kunstwerk;
- De Marsweg. Hier is een nieuw viaduct aan de zuidzijde van het huidige viaduct nodig;
- De Nieuwe Wetering. Hierover komt een nieuwe brug ten zuiden van de huidige brug;
- de Zalnese Wetering. Hierover komt een nieuwe brug ten zuiden van de huidige brug;
- De Ceintuurbaan. Hier is een nieuw viaduct aan de zuidzijde van het huidige viaduct nodig.

De bestaande bruggen over de Nieuwe Wetering en Zalnese Wetering worden vervangen door nieuwe betonnen bruggen met ballast.

3.2 Geluidmodel

De toekomstige sporenligging is opgenomen in de geluidsmodellen door de spoorassen digitaal en in 3D over te nemen uit de ontwerpbestanden[4]. De sporenligging is opgenomen in de verschillende bijlagen van dit rapport.

In het akoestisch onderzoek is er rekening mee gehouden dat binnenkort ook enkele andere spooraanpassingen zullen plaatsvinden in het kader van het grotere project Zwolle Spoort. Het gaat hierbij onder meer om het aanpassen van wissels op het emplacement direct ten oosten van het station. Deze aanpassingen maken geen onderdeel uit van het tracébesluit en zullen eerder worden uitgevoerd.

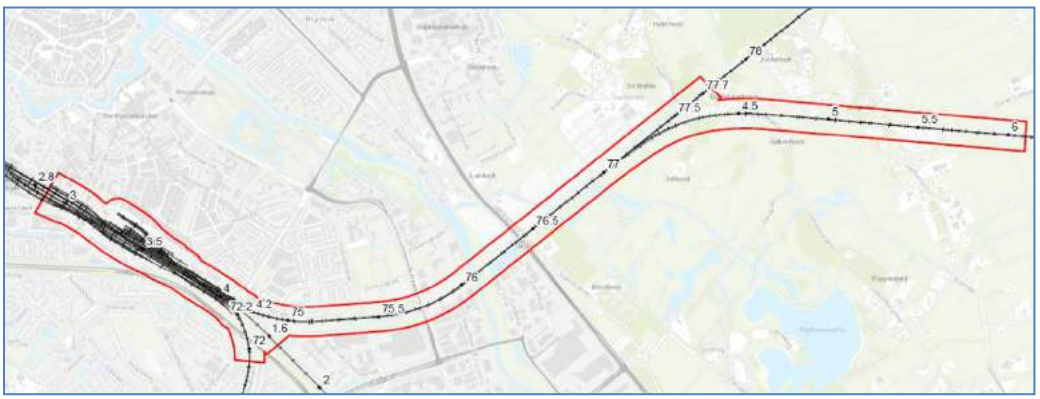
3.3 Omvang studiegebied

In paragraaf 1.6 is de begrenzing van de spooraanpassingen gegeven. Rond dit tracé is een studiegebied. Hierbij zijn de 'akoestische projectgrenzen' vastgesteld omdat er geluideffecten kunnen optreden in een groter gebied dan waar de spooraanpassingen plaatsvinden. Hierbij kan worden gedacht aan veranderingen van de snelheid of de intensiteit van het treinverkeer. De grenzen in onderstaande tabel zijn gehanteerd om de GPP toets uit te voeren.

Tabel 3.1 Akoestische projectgrenzen

Sporen	Projectgrenzen [KM]
bij station Zwolle	2.878
richting Deventer	71.932
richting Wierden	1.662
richting Emmen	6.097
richting Meppel	77.748

De akoestische projectgrenzen zijn grafisch weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 3.1 Akoestische projectgrenzen

De akoestische projectgrenzen lopen in de richting van Emmen relatief ver door. Dit heeft te maken een snelheidsverhoging naar 130 km/u op dit gedeelte.

[4] X-ref Spoorontwerp DSM HERFTE A3 003 (VAR_3b verdiepingsslag kunstwerken)

3.4 Gegevens uit het geluidregister

Voor het uitvoeren van de toetsing is uitgegaan van de brongegevens uit het geluidregister (laatstelijk gewijzigd 19 augustus 2015). Het saneringsscherm in de omgeving van de Mimosastraat dat op basis van het eerder vastgestelde saneringsprogramma bepaald is, is in deze data opgenomen (zie paragraaf 3.13).

3.5 Uitgangspunten rekenmodel voor toetsing aan de GPP's

Om de geluidemissie na spooruitbreiding te toetsen aan de GPP's is een akoestisch geluidmodel opgesteld. Hierbij is gebruikt gemaakt van het programma SoundCheck dat ProRail ter beschikking stelt. De resultaten uit SoundCheck zijn getoetst aan de geldende geluidproductieplafonds, inclusief de saneringsmaatregelen[5] waartoe al besloten is (zie ook §3.13).

De modellering van de situatie na realisatie van het project is uitgevoerd op basis van de voorschriften voor de modellering volgens bijlage V van het RMG2012, maar zonder enkele vereenvoudigingen die volgens bijlage V in het geluidregister doorgevoerd mogen worden zoals de verdeling van de treinen over de sporen. De intensiteiten van de verschillende dienstregelingen zijn ingevoerd op de sporen waar deze worden verwacht te gaan rijden. Er is zodoende een duidelijk onderscheid gemaakt tussen het spoorgebruik van het treinverkeer richting Meppel en Emmen. De modellering van de treinen over de sporen en de intensiteiten is verder beschreven in paragraaf 3.7.

Bij de modellering van het bodemmodel van de omgeving is eveneens het door ProRail geleverde hoogtelijnen bestand gehanteerd. Waar nodig is dit bestand aangepast op de toekomstige ligging van de sporen (met name bij de uitbreiding van de sporen richting Herfte). De modellering van de tunnelbak is beschreven in paragraaf 3.14).

Bij de GPP toets is gebruik gemaakt van de akoestische projectgrenzen zoals weergegeven in tabel 3.1. De situatie met project is voor de toets gemodelleerd binnen de projectgrenzen met de projectbrongegevens, daarbuiten worden de vigerende brongegevens gehanteerd zoals deze in het geluidregister zijn opgenomen.

3.6 Uitgangspunten rekenmodellen bij geluidsgevoelige objecten

Bij het vervaardigen van het geluidsmodel voor het berekenen van de geluidsbelasting op de objecten in de omgeving van de spoorlijn is gebruik gemaakt van onderstaande gegevensbronnen:

- Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG);
- Top10-vector bestanden voor de modellering van de akoestisch reflecterende bodemgebieden;
- AHN2- en geluidregister spoor voor de modellering van de hoogtelijnen;
- AHN2- en Idelft-data voor de modellering van de hoogte van de gebouwen;
- Internetbronnen voor een visuele inspectie, met name gericht op controle van de hoogte van gebouwen en bodemgebieden;

[5] beschikking van de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, d.d. 14 mei 2013, kenmerk IenM/BSK-2013/87131

- Voor de saneringsobjecten heeft ProRail een bestand met de eindmelding verstrekt, namelijk Saneringslijst Spoorweglawaai 17 juli 2012.xlsx (exclusief de reeds gesaneerde woningen in de omgeving van de Mimosastraat).

De waarneempunten zijn geplaatst op elk geluidsgevoelig object waarvan op akoestische gronden aangenomen wordt dat in de toekomstige situatie niet aan de streefwaarden wordt voldaan zonder het treffen van maatregelen (ook zonder de bestaande maatregelen zoals geluidschermen). Op objecten waarvan op akoestisch gronden wordt verwacht dat de geluidsbelasting lager is dan de voorkeurswaarde zijn geen waarneempunten geplaatst. Dat zijn bijvoorbeeld objecten op grote afstand, of objecten die zijn afgeschermd.

Akoestisch reflecterende gebieden, zoals wegen, bestrating, water, e.d. zijn als 100% reflecterende oppervlakten ingevoerd. Zachte bodemgebieden, zoals grasland of groenstroken zijn als 100% geluidsabsorberend ingevoerd.

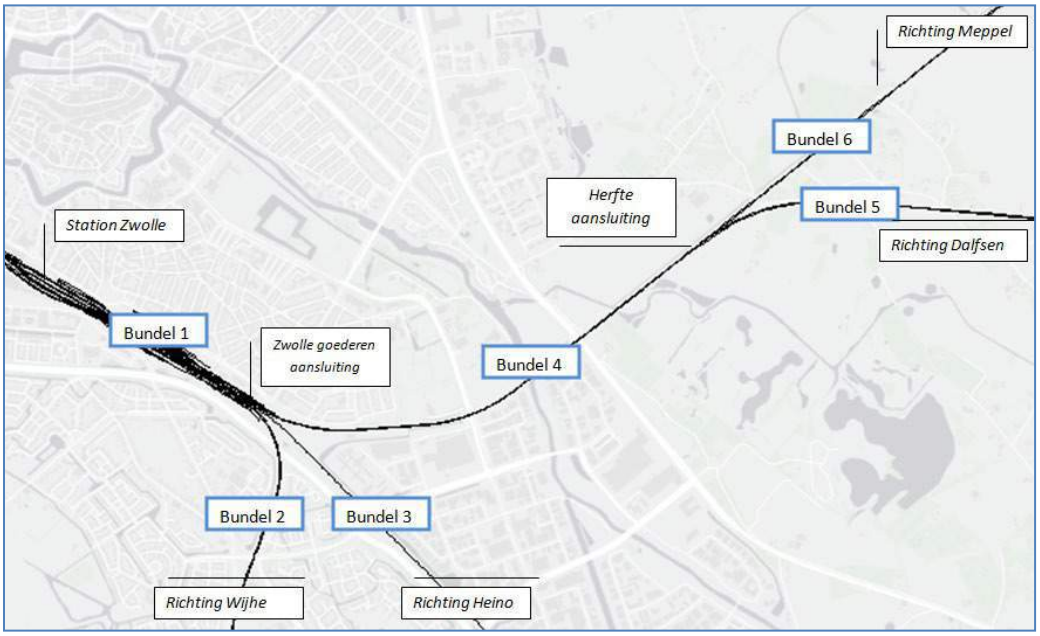
3.7 Treinintensiteiten toekomstige situatie

Voor de toetsing aan de streefwaarden in de toekomstige situatie (het jaar 2030) zijn de gemiddelde aantallen treinen per dagdeel noodzakelijk. De intensiteiten zijn afkomstig uit ‘ZwolleSpoort Nieuw Eindplan - CRS tracé Zwolle Herfte, met kenmerk P993271, versie V3, datum 29 januari 2015’.

Bij de bepaling van de treinintensiteiten is uitgegaan van de dienstregelingen voor reizigerstreinen. De bron voor deze gegevens is voor wat betreft de reizigersdienst de “Voorkeursbeslissing PHS en PNN”. Daarnaast is rekening gehouden met een herziene prognose voor goederentreinen[6] . Deze dienstregeling is omgezet naar een set gegevens die voor geluidberekeningen nodig is, dat wil zeggen naar aantallen rekeneenheden per uur gedurende de dag, de avond en de nacht. In de avond- en nachtperiode rijden minder treinen, die vaak ook korter zijn.

De resulterende treinintensiteiten in de toekomstige situatie zijn in tabel 3.2 gepresenteerd per richting per uur per bundel. Voor de omgekeerde richtingen gelden dezelfde intensiteiten per uur. Hoe de bundels zijn gedefinieerd is weergegeven in figuur 3.2. Een uitleg van de betekenis van de treincategorieën is opgenomen in bijlage I.

[6] “Verwerking herijkte goederenprognoses PHS”, ProRail,EDMS 3235055 V1-2, 22 maart 2013



Figuur 3.2 Illustratie van de sporenbundels behorende bij de treinintensiteiten

De tabel hieronder bevat de gegevens voor het jaartal 2028/2030 behorende bij de bundels zoals weergegeven in figuur 3.3.

Tabel 3.2 Treinintensiteiten toekomstige situatie (rekeneenheden per uur per richting; gemiddeld over een kalenderjaar), gedurende de dag-, avond- en nachtperiode

Bundel	Van	Naar	Trein-categorie	Gemiddeld aantal eenheden per uur per richting		
				Dag	Avond	Nacht
1	Zwolle	Zwolle Goederen aansluiting	3	34.75	33.65	10.95
			4	1.95	2.15	1.35
			6	8.4	7.3	2.35
			8	49.05	38.4	13.25
			11	7.85	8.55	5.35
2	Zwolle Goederen aansluiting	Wijhe	3	22.05	22.05	7.05
			4	0.1	0.1	0.05
			11	0.35	0.35	0.25
3	Zwolle Goederen aansluiting	Heino	6	8.35	7.2	2.3
4	Zwolle Goederen aansluiting	Herfte aansluiting	3	12.75	11.6	3.85
			4	1.9	2.05	1.3
			6	0.05	0.05	0.05
			8	49.05	38.4	13.25
			11	7.5	8.2	5.1
5	Herfte aansluiting	Dalfsen	3	0.05	0.05	0.05

Bundel	Van	Naar	Trein-categorie	Gemiddeld aantal eenheden per uur per richting		
				Dag	Avond	Nacht
			4	0.35	0.4	0.25
			8	11.5	6	2.8
			11	1.45	1.55	1
6	Herfte aansluiting	Meppel	3	12.65	11.55	3.8
			4	1.5	1.65	1.05
			6	0.05	0.05	0.05
			8	37.55	32.4	10.45
			11	6.1	6.65	4.15

3.8 Snelheden toekomstige situatie

De rijsnelheden in het **geluidregister** zijn uitgangspunt voor de berekeningen van de geluidemissie in de referentiesituatie.

Voor de **plansituatie** zijn de rijsnelheden en de snelheidsprofielen anders. De belangrijkste wijzigingen zijn:

- verhoging van de baanvaksnelheid spoortak naar Emmen van 80 naar 130 km/h;
- verhoging van de baanvaksnelheid voor de treinen vanuit Meppel bij binnenkomst naar 80 km/h (ipv 60 km/h) en het vertrek naar Meppel naar 60 km/h (ipv 40 km/h).

Deze laatste snelheidsverhoging komt niet voort uit de spooruitbreiding, maar uit de zogenoemde ´gelijktijdigheden´ (zie onderstaand tekstvak).

Relatie gelijktijdigheden en spooruitbreiding

De staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu heeft in 2013, gezamenlijk met de regionale overheden, een besluit genomen over spooraanpassingen bij het knooppunt Zwolle. Dit besluit bestaat uit twee hoofdonderdelen, namelijk:

- De aanpassing aan de oostzijde van het emplacement bij Zwolle zodat ook de treinen richting Enschede en Deventer tegelijk met de trein naar Leeuwarden / Groningen kunnen vertrekken (de zogenoemde gelijktijdigheden).
- De uitbreiding van het spoor tussen Zwolle en de aansluiting bij Herfte van twee naar vier sporen inclusief de aanleg van een vrije kruising voor deze sporen zodat de treinen van Zwolle richting Leeuwarden/Groningen en van Zwolle richting Emmen geen hinder van elkaar ondervinden.

De aanpassingen die nodig zijn voor de gelijktijdigheden betreffen aanpassingen van sporen, wissels en seinen net ten oosten van het station Zwolle. Door deze, in wezen beperkte, aanpassingen binnen de spoorzone kunnen de treinen van en naar Meppel, Enschede en Deventer tegelijk binnenkomen en vertrekken. De snelheid van deze treinen kan omhoog van 40 km/u naar 60 km/u (Enschede en Deventer) respectievelijk 80 km/u (Meppel). Hiermee wordt de reistijd verkort.
Het project gelijktijdigheden wordt in verband met de beperkte omvang van de aanpassingen en de aanzienlijke winst voor de reiziger zo snel mogelijk, dat wil zeggen in 2017, gerealiseerd.

De spooruitbreiding tussen Zwolle en Herfte en de vrije kruising worden gerealiseerd buiten het gebied waar de aanpassingen voor de gelijktijdigheden plaatsvinden. De realisatie loopt een aantal jaren achter bij de realisatie van de gelijktijdigheden.
Het betreft daarmee kortom twee afzonderlijke projecten, waarbij de voordelen van beide projecten elkaar versterken.

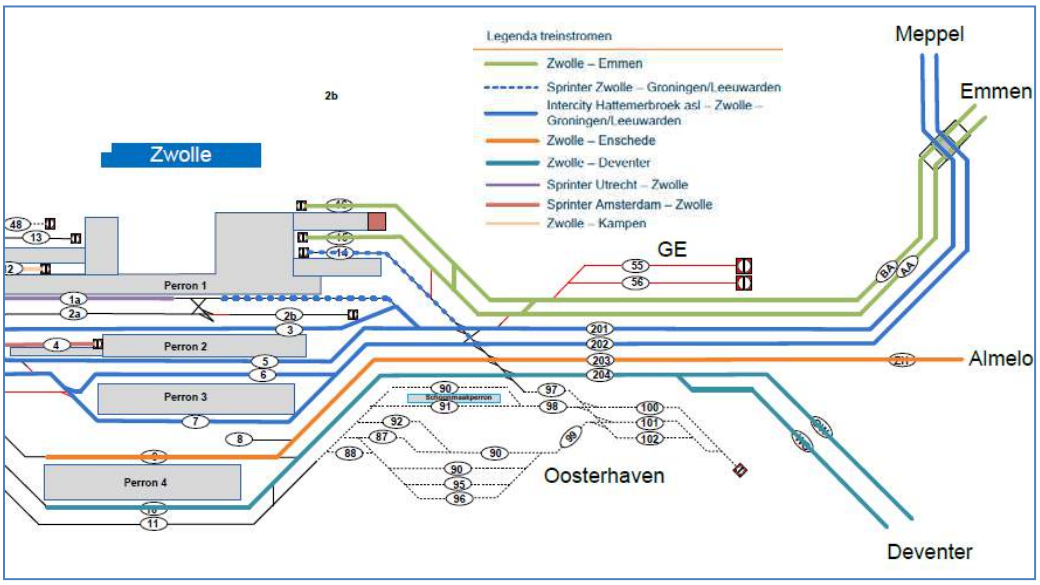
Bij dit geluidonderzoek (en bij het trillingenonderzoek) bij het tracébesluit is er van uit gegaan dat de aanpassingen ten behoeve van de gelijktijdigheden (en de daarbij behorende hogere snelheid) zijn gerealiseerd. Bij de berekeningen zijn dus de effecten van de snelheidsverhoging als het ware 'meegenomen'. Hiermee is een beeld gegeven van de effecten van de spoorverdubbeling inclusief de gelijktijdigheden, en is dus een worst case situatie in beeld gebracht.

De snelheidsprofielen van de treinen zijn opgesteld door Movares per dienstregeling. De basis voor de snelheidsprofielen is de seinplaatsing die voor het project Zwolle Spoort ontworpen is. Daarnaast wordt onder andere rekening gehouden met het type materieel uit de prognose, de samenstelling en remgegevens. Een verdere beschrijving van de snelheden vanwege het project staat in het Functioneel Integraal Systeemontwerp (FIS) ZwolleSpoort fase II[7].De snelheidsprofielen van alle dienstregelingen zijn weergegeven in bijlage V van het FIS.

Bij de invoer van de snelheden in het geluidsmodel wordt de vigerende snelheid van het midden van de trein aangehouden. Daar waar de treinen echter minder hard dan 40 km/u rijden wordt er modeltechnisch een minimumsnelheid van 40 km/u gehanteerd.

3.9 Spoorgebruik

In onderstaande figuur zijn de treinstromen weergegeven van de reizigerstreinen ten oosten van station Zwolle.



Figuur 3.3 Overzichtschema spoorgebruik reizigerstreinen

[7] Versie: 3.0 Status: Definitief Datum: 23 september 2015 Kenmerk: E74-MWO-KA-1500180

Er is sprake van gescheiden spoorgebruik van goederentreinverkeer richting Emmen en richting Meppel. Er is geen gelijktijdigheid van goederentreinverkeer door station Zwolle van of naar het noorden. Wel kunnen goederentreinen vanuit het zuiden en vanuit het noorden elkaar ter hoogte van Zwolle kruisen.

3.10 Bovenbouw toekomstige situatie

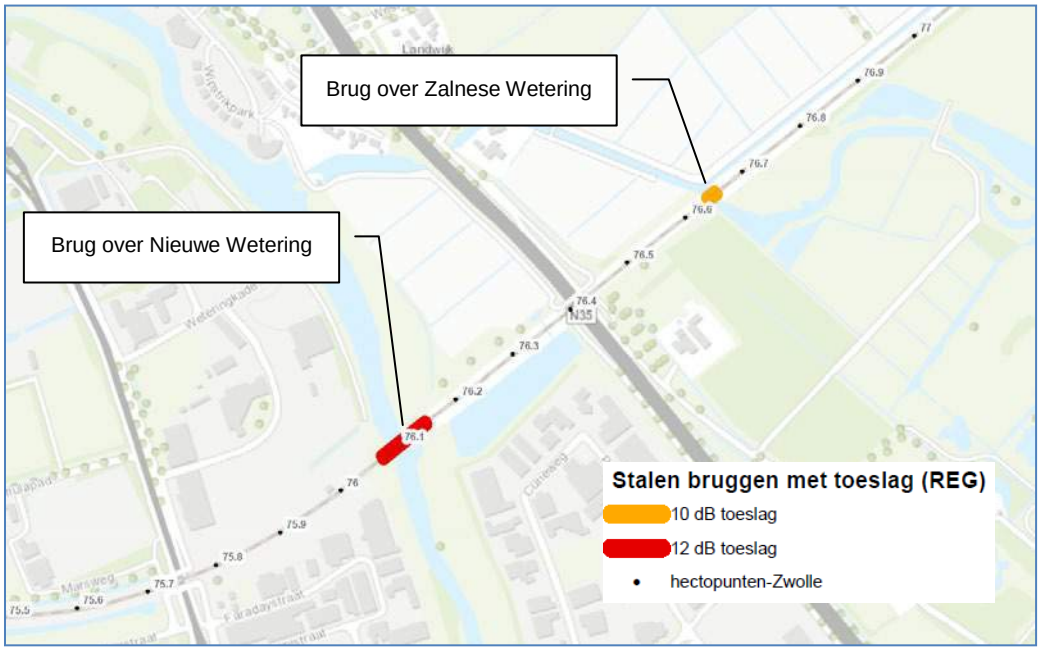
Het type bovenbouw is van invloed op de geluidemissie van het spoor. Binnen het gebied waar de sporen worden aangepast wordt voor de projectsituatie uitgegaan van betonnen dwarsliggers (de “minimale akoestische kwaliteit” zoals gedefinieerd in bijlage I). Voor de bovenbouwconstructie in het studiegebied waar het spoor niet wordt aangepast wordt voor de projectsituatie uitgegaan van de bovenbouwgegevens die ten grondslag hebben gelegen aan het: Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2013, ProRail 29 september 2014.

Bij aansluiting Herfte zijn er in het in het kader van het Meerjarenprogramma Geluidsanering (MJPG) en het versnellingsprogramma tussen km 77.500 en 77.700 raildempers toegepast op de sporen van en naar Meppel.

De bovenbouw van zowel de situatie in het geluidregister als de toekomstige situatie is weergegeven in bijlage II.

3.11 Brugtoeslagen

In het projectgebied zijn een aantal bruggen en spoorviaducten en aanwezig. Er zijn twee stalen bruggen aanwezig met een toeslag in het geluidregister. De locaties van de stalen bruggen zijn weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 3.4 Locaties stalen bruggen in het geluidregister

Het betreffen de stalen bruggen over:
- De Nieuwe Wetering met een toeslag van 12 dB;
- De Zalnese Wetering met een toeslag van 10 dB.

Het bestaande kunstwerk over de watergang Nieuwe Wetering (of Soestwetering, km 76.1) is een op staal gefundeerde brug. Deze brug zal worden gesloopt en vervangen worden door een nieuw te realiseren betonnen brug met ballast. Aan de zuidzijde zijn tevens twee nieuwe sporen gesitueerd.

Het bestaande kunstwerk over de watergang Zalnese Wetering (of Emmertochtsloot, km 76.65) is ook een op staal gefundeerde brug die zal worden gesloopt en vervangen worden door een nieuw te realiseren betonnen brug met ballast. Aan de zuidzijde zijn de twee nieuwe sporen gesitueerd.

Doordat beide stalen bruggen worden vervangen door betonnen bruggen met ballastbed vervalt de brugtoeslag in de toekomstige situatie. Meer informatie over de kunstwerken in het studiegebied staat in het FIS ZwolleSpoort fase II.

3.12 Geluidschermen

Als basis is uitgegaan van de geluidschermen volgens het geluidregister. Het 1 meter hoge geluidscherm aan de westzijde van het spoor richting Deventer vanaf km 72.035 is niet van invloed op de geluidbelastingen in het projectgebied. Het saneringsscherm ter hoogte van de Mimosastraat wordt in de volgende paragraaf behandeld.

3.13 Saneringsprogramma Mimosastraat

Voor de woningen in de omgeving van de Mimosastraat is in het verleden autonoom saneringsonderzoek uitgevoerd.

Ter uitvoering van de Wet geluidhinder heeft het college van Burgemeester en Wethouders eind 2011 een saneringsprogramma ingediend bij het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Dit saneringsprogramma bestond uit geluidreducerende maatregelen in de vorm van een geluidscherm van 2,7 meter (2 meter boven bovenkant spoor) en raildempers.

In 2013 is dit saneringsprogramma echter herzien. Met buurtbewoners uit de Mimosastraat en omgeving is gekeken naar de verschillende voor- en nadelen van de diverse (mogelijk) te treffen geluidreducerende maatregelen. Vanwege de (betere) landschappelijke inpassing is uiteindelijk de voorkeur uitgegaan naar een geluidscherm van 1 meter ten opzichte van bovenkant spoor. Ten opzichte van het eerder ingediende saneringsprogramma uit 2011 betekende dit een verlaging van het daarin opgenomen geluidscherm met 1 meter.

In mei 2013 zijn de ten hoogste toelaatbare waarde van de geluidsbelasting vastgesteld voor de woningen gelegen aan de wegen "Fresiastraat, Geraniumstraat, Goudenregenstraat, Lavendelstraat, Magnoliastraat, Mimosastraat, Primulastraat, Ranonkelstraat en Seringenstraat" te Zwolle vanwege spoorweg "Traject 90". De maatregelen uit het herziene saneringsprogramma zijn weergegeven in de tabellen en figuur hieronder.

Tabel 3.3 Geluidmaatregelen herziene saneringsprogramma Mimosastraat

Maatregel	Traject	Geocode	Km begin	Km eind	Lengte [m]	Hoogte [m]	Zijde
Scherm	90	14	74.800	75.412	612	1	noord

Maatregel	Traject	Geocode	Km begin	Km eind	Lengte [m]	Aantal sporen	Zijde
Raildempers	90	14	75.000	75.433	433	1	Zuid
Raildempers	90	14	47.900	75.433	533	1	Noord

Figuur 3.5 Saneringsmaatregelen in omgeving Mimosastraat

De hogere waarden uit het saneringsplan moeten door het project gerespecteerd worden. De hogere waarden worden geborgd met het systeem van de GPP's. De bovengenoemde maatregelen zijn daartoe opgenomen in het geluidregister en vormen het uitgangspunt bij de vastgestelde GPP's en bepaling van de streefwaarden op de achtergelegen woningen.

3.14 Dive-under

De wanden van een toekomstige tunnelbak bij een dive under wordt voorzien van geluidsabsorptie. De wanden zijn daarom absorberend ingevoerd.

3.15 Rekenmethode

De berekening van geluidproductieplafonds wordt uitgevoerd conform Reken- en meetvoorschrift geluid 2012, bijlage V. Indien het geluidsonderzoek uitgebreid moet worden als gevolg van GPP overschrijdingen dan wordt gerekend conform standaard rekenmethode 2 van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012, bijlage IV.

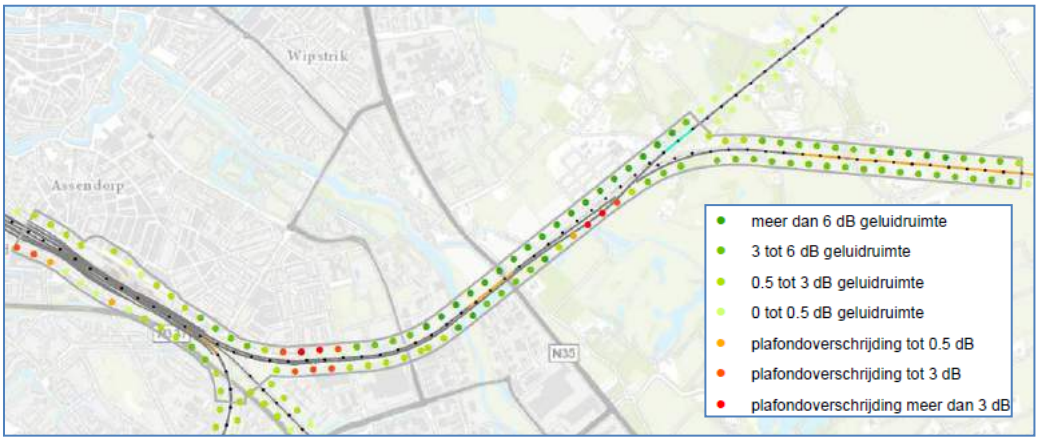
4 Resultaten toetsing aan GPP's

4.1 Inleiding

De resultaten van de toetsing aan de geluidproductieplafonds (GPP's) worden in dit hoofdstuk gepresenteerd. De resultaten zijn op grotere kaartbladen weergegeven in bijlage III. In deze bijlage zijn tevens de over- en onderschrijding per referentiepunt weergegeven.

4.2 Resultaten

De resultaten van de toetsing van de spooruitbreiding aan de GPP's zijn gepresenteerd in figuur 4.1 voor het gehele studiegebied.



Figuur 4.1 Resultaten GPP-toets

Uit de resultaten blijkt dat er op het grootste gedeelte sprake is van een onderschrijding van de GPP's (groene bolletjes). Dit betekent een afname van het geluid ten opzichte van de referentiesituatie in het geluidregister. Deze 'geluidruimte' wordt met name veroorzaakt door de inzet van stiller materieel. Ook het vernieuwen van de bovenbouw en vervangen van de twee stalen bruggen door betonnen bruggen (zonder toeslag) zorgen voor een afname van de geluidsemissie.
Ondanks de inzet van het stillere materieel is er op een vijftal locaties sprake van een overschrijding van het vastgestelde GPP.

4.2.1 *Overschrijdingen nabij Station Zwolle*

De overschrijdingen aan de zuidzijde van station Zwolle worden veroorzaakt door een combinatie van de treinintensiteiten in de toekomst (incl. gewijzigd spoorgebruik en verschillen in treintype) en de geplande snelheidsverhoging op dit gedeelte. De overschrijdingen aan de zuidzijde van het station zijn weergegeven in figuur 4.2.

Figuur 4.2 Resultaten GPP-toets nabij Station Zwolle

4.2.2 *Overschrijdingen nabij de Mimosastraat*

Het volgende cluster van referentiepunten met een overschrijding van het geldende GPP bevinden zich ter hoogte van de Mimosastraat. Er is ingezoomd op de resultaten van de GPP-toets op deze locatie in figuur 4.3.

Figuur 4.3 Resultaten GPP-toets nabij de Mimosastraat

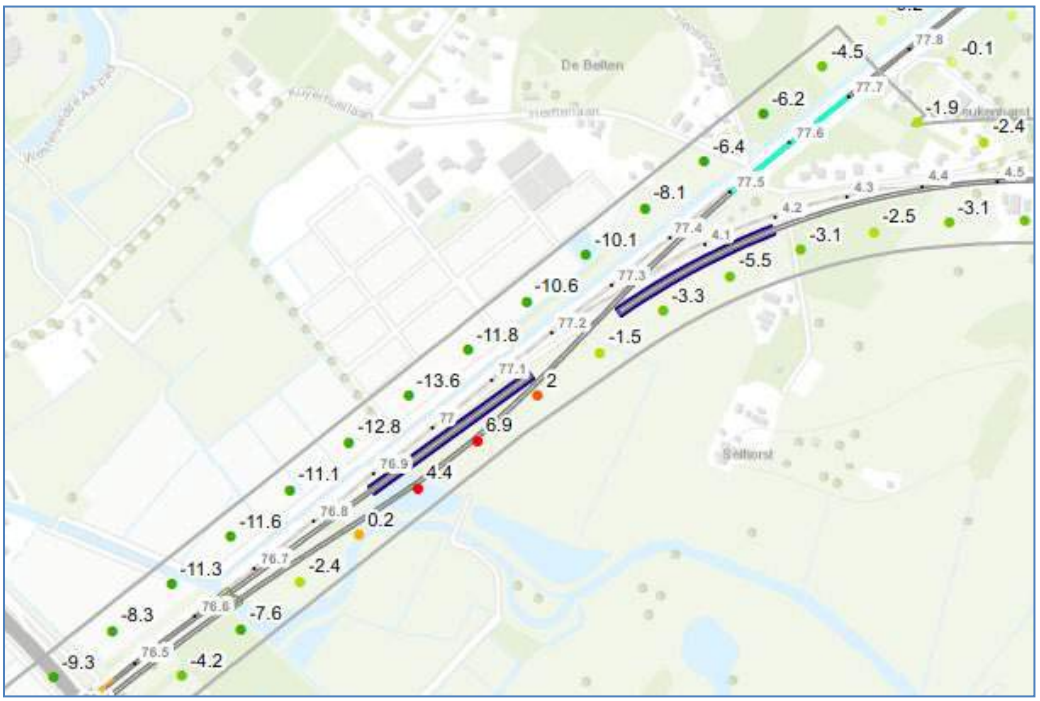
De maximale overschrijding bedraagt 4.2 dB aan de noordzijde van het spoor. De overschrijdingen aan de noordzijde worden veroorzaakt door het niet aanbrengen van het saneringsscherm dat reeds was opgenomen in geluidregister. Vanwege de gewijzigde sporenlay-out van het project kan het saneringsscherm voor de woningen in de Mimosastraat niet meer gerealiseerd worden.

Aan de zuidzijde worden de overschrijdingen veroorzaakt doordat de maatgevende sporen (van/naar Leeuwarden en Groningen) dichterbij de referentiepunten komen te

liggen. Het maximale verschil in afstand met de huidige sporen bedraagt ongeveer 20 meter.

4.2.3 *Overschrijdingen nabij dive under Herfte*

De grootste overschrijdingen van de volledig benutte geluidproductieplafonds bevinden zich in de omgeving van de nieuw te realiseren dive under nabij Herfte. Er is ingezoomd op de resultaten van de GPP-toets op deze locatie in figuur 4.4.



Figuur 4.4 Resultaten GPP-toets nabij dive under Herfte

De sporenlay-out wordt op deze locatie ingrijpend gewijzigd. Door de aanleg van de dive under worden de sporen in de richting van Meppel meer dan 45 meter verplaatst richting het zuidoosten ten opzichte van de bestaande sporen. De nieuwe sporen lopen daardoor bijna over de GPP-punten heen, die op 50 meter afstand van het spoor liggen. Dit zorgt er voor dat ondanks het stillere materieel de geluidproductieplafonds ruim worden overschreden.

De maximale overschrijding bedraagt in deze variant 6.9 dB aan de oostzijde van het spoor. Aan de andere zijde van spoor is er een grote geluidruimte te zien. Vanwege de afschermende werking van de tunnelbak, de verplaatsing van de maatgevende sporen naar het oosten over een afstand van ruim 45 meter en de inzet van stiller materieel loopt de geluidruimte op naar meer dan 10 dB.

Rondom de GPP-punten met een overschrijding wordt een onderzoeksgebied gedefinieerd waarbinnen onderzoek op woningniveau noodzakelijk is. De onderzoeksgebieden worden in de volgende paragraaf verder besproken.

4.3 Onderzoeksgebieden

Uit de resultaten in de voorgaande paragrafen blijkt dat er op een aantal locaties overschrijdingen van de volledig benutte GPP's zullen optreden na uitvoering van het project Zwolle - Herfte. Zoals eerder aangegeven wordt rondom de GPP-punten met

een overschrijding een overschrijdingsgebied gedefinieerd waarbinnen de geluidbelasting op woningniveau wordt getoetst aan wettelijke streefwaarde.

In het studiegebied van Zwolle -Herfte worden er echter naast de overschrijdingen op GPP-niveau op basis van twee andere aspecten aanvullende onderzoeksgebieden gecreëerd. De redenen van de uitbreiding worden in de volgende twee subparagrafen behandeld.

4.3.1 *Uitbreiding onderzoeksgebied vanwege niet realiseren scherm*

Vanwege de gewijzigde sporenlay-out van het project kan het geprojecteerde saneringsscherm voor de woningen in de Mimosastraat niet meer gerealiseerd worden. Omdat dit scherm reeds was opgenomen in het geluidregister en nu niet meer gebouwd kan worden, zullen de GPP's opnieuw moeten worden vastgesteld in gebied. Hiervoor is een wijzigingsprocedure noodzakelijk waardoor er onderzoek op woningniveau nodig is voor alle achter gelegen geluidgevoelige objecten. Dit betekent een uitbreiding van het onderzoeksgebied op basis van enkel de GPP-overschrijdingen.

4.3.2 *Uitbreiding onderzoeksgebied vanwege nieuwe GPP-punten*

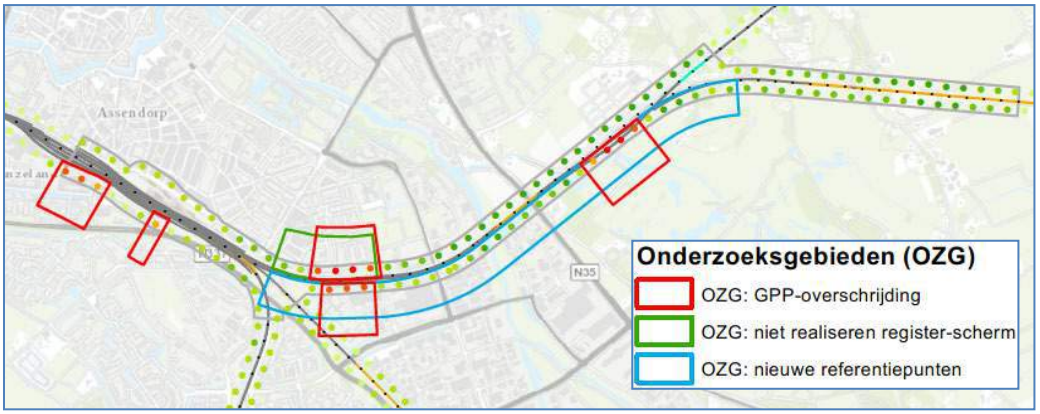
Door de spooruitbreiding worden GPP's overschreden en komen de nieuwe sporen in de omgeving van de dive under bij Herfte zo dicht bij de bestaande referentiepunten, dat ze vervallen en er nieuwe referentiepunten aangemaakt worden die vastgesteld moeten worden. Niet alleen de referentiepunten bij de dive under worden 'verplaatst'. Er is besloten dit te doen voor alle referentiepunten aan de zuidzijde van het spoor waarbij er sprake is van een fysieke uittakking ten opzichte van de bestaande sporenlay-out. Bij het wijzigen en vaststellen van GPP's is het verplicht de geluidbelasting op woningniveau te toetsen aan de wettelijke streefwaarde.

Met het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is een werkwijze afgesproken om geluidproductieplafonds te kunnen wijzigen bij tracébesluiten, ook als die door het project niet worden overschreden. De afgesproken werkwijze is ontwikkeld om een consistent geluidregister te behouden na invoering van grootschalige spooruitbreidingen. De leidraad van de werkwijze is dat indien een spoorwijziging leidt tot tenminste één overschrijding van een GPP, dat dan voor het gehele gebied waar sprake is van het fysiek wijzigen van sporen nieuwe GPP-waarden worden berekend. Voor Zwolle-Herfte betekent dit dat vanaf het punt Zwolle goederenaansluiting (km 4.200 nabij de Oldermannenlaan) tot aan km 4.475 spoor richting Emmen (globaal de Herfterlaan) in ieder geval nieuwe GPP-punten worden herberekend op basis van de prognose voor Zwolle -Herfte. Binnen dit gebied wordt de geluidbelasting op woningniveau beschouwd .

4.3.3 *Onderzoeksgebieden totaal*

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd dat het totale onderzoeksgebied op basis van drie criteria is vastgesteld. De onderzoeksgebieden zijn weergegeven in de onderstaande figuur en in bijlage IV. De onderzoeksgebieden kunnen elkaar overlappen. De verschillende kleuren geven de aanleiding van het onderzoeksgebied weer:

- GPP-overschrijding (rode gebieden);
- Niet realiseren registerscherm (groene gebied);
- Nieuwe GPP-punten na vervallen oude punten (blauwe gebied).



Figuur 4.5 Onderzoeksgebieden

4.4 Conclusie GPP-toets

Uit de resultaten blijkt dat er op een aantal locaties overschrijdingen van de volledig benutte GPP's zullen optreden na uitvoering van het project. Tevens worden er aanvullende onderzoeksgebieden gevormd. De volgende stap in het onderzoek is om te beoordelen of deze lokale overschrijdingen of bijkomende aanpassingen in het geluidregister leiden tot een overschrijding van de streefwaarden op woningen en andere geluidsgevoelige objecten in het totale onderzoeksgebied. Dit wordt in het volgende hoofdstuk behandeld.

5 Maatregelen

5.1 Inleiding

Uit het vorige hoofdstuk blijkt dat de geluidproductieplafonds op een aantal referentiepunten zonder het treffen van geluidmaatregelen worden overschreden na uitvoering van het project. Tevens is er sprake van twee aanvullende onderzoeksgebieden.

In dit hoofdstuk is getoetst of de geluidsbelasting op geluidsgevoelige objecten in de onderzoeksgebieden in de toekomstige situatie aan de streefwaarden voldoet. Daarbij is ook onderzocht welke maatregelen doelmatig zijn om de geluidsbelasting terug te brengen.

Eerst wordt de algemene aanpak beschreven. Daarna wordt ingegaan op de situatie bij de geluidsgevoelige objecten en worden de doelmatige maatregelen beschreven.

5.2 Algemene aanpak

Rond de locaties waar overschrijdingen van het GPP optreden zijn onderzoeks-gebieden gedefinieerd, volgens de methodiek in figuur I-2 van bijlage I. Daarnaast zijn er zoals uitgebreid in het voorgaande hoofdstuk besproken twee aanvullend onderzoeksgebieden van toepassing.

Als volgende stap is binnen deze onderzoeksgebieden bepaald bij welke geluidsgevoelige objecten een overschrijding van de streefwaarde optreedt. Daaronder kunnen zich saneringsobjecten bevinden. Voor de saneringsobjecten geldt een streefwaarde van 65 dB. Voor de overige objecten geldt een streefwaarde die gelijk is aan de geluidsbelasting bij het volledig gevulde nu geldende plafond met een minimum van 55 dB.

Vervolgens zijn er ten behoeve van de doelmatigheidsafweging clusters geluidsgevoelige objecten gedefinieerd rondom de objecten met een overschrijding van de streefwaarde. Een cluster kan ook objecten bevatten waarbij geen overschrijding van de streefwaarde optreedt, of objecten die buiten het onderzoeksgebied liggen. De objecten binnen een cluster profiteren allemaal van de geluidmaatregelen die voor de objecten met een overschrijding van de streefwaarde overwogen worden. De clusters zijn bepaald als volgt:

- Bepaal vanuit de objecten met een overschrijding van de streefwaarde de maximaal benodigde lengte van de geluidmaatregelen. Deze afstand bedraagt per object twee maal de afstand vanaf het object tot de spoorlijn.
- Trek een loodlijn op het spoor vanaf de twee uiteinden.
- Inventariseer alle geluidsgevoelige objecten met een geluidsbelasting boven de voorkeurswaarde binnen deze loodlijnen.
- Deze objecten vormen samen het cluster.

Per cluster wordt het aantal “reductiepunten” bepaald. Dat is het budget waarvoor geluidmaatregelen getroffen kunnen worden. Als er al bestaande maatregelen aanwezig zijn op deze locatie, worden de reductiepunten bepaald in de situatie zonder die maatregelen.

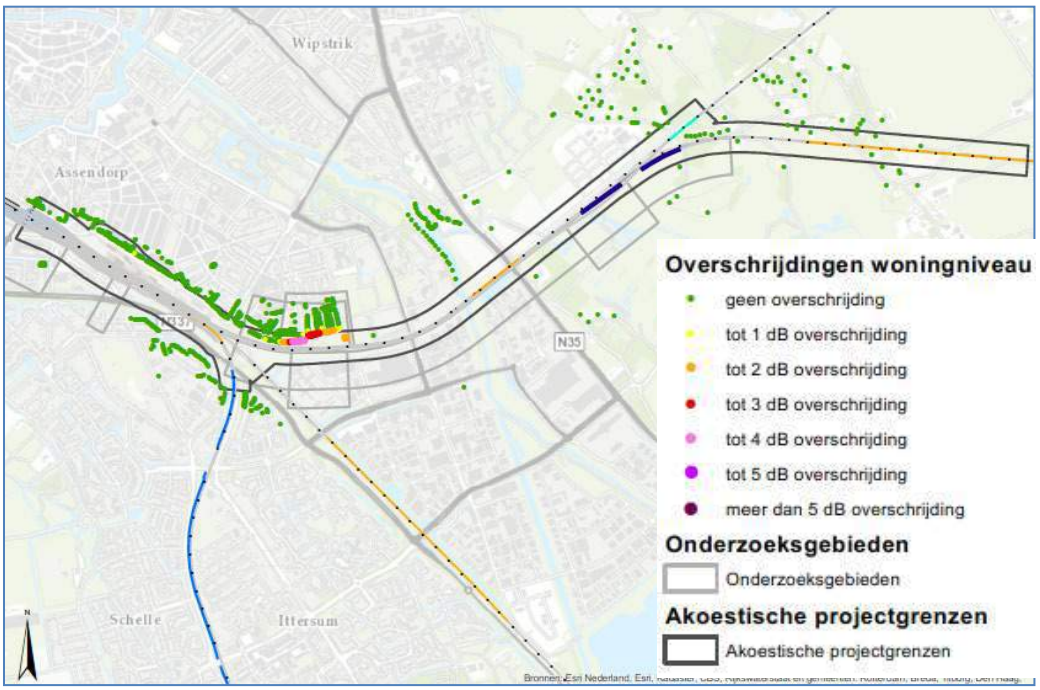
Op basis van het aantal reductiepunten wordt bepaald welke maatregelen doelmatig zijn. De kosten van maatregelen worden uitgedrukt in “maatregelpunten”.

Conform de wettelijke regeling[8] zijn geluidschermen alleen doelmatig als er een minimale geluidsreductie van 5 dB mee wordt bereikt (eventueel in combinatie met raildempers). Bovendien worden raildempers alleen als doelmatig gezien als deze geplaatst worden over een minimale lengte van 2x de afstand van het dichtstbijzijnde geluidsgevoelige object tot de buitenste spoorstaaf (zie bijlage I).

5.3 Resultaten woningniveau

De resultaten op woningniveau zijn weergegeven in bijlage V. Hierin worden naast een overzicht van het gehele studiegebied ingezoomd op vier deelgebieden.

In figuur 5.1 zijn de resultaten van de toets aan de streefwaarde op woningniveau te zien voor het hele studiegebied[9]. De overschrijdingen van de streefwaarde zijn gekleurd op basis van de mate van overschrijding.



Figuur 5.1 Resultaten woningniveau in hele studiegebied

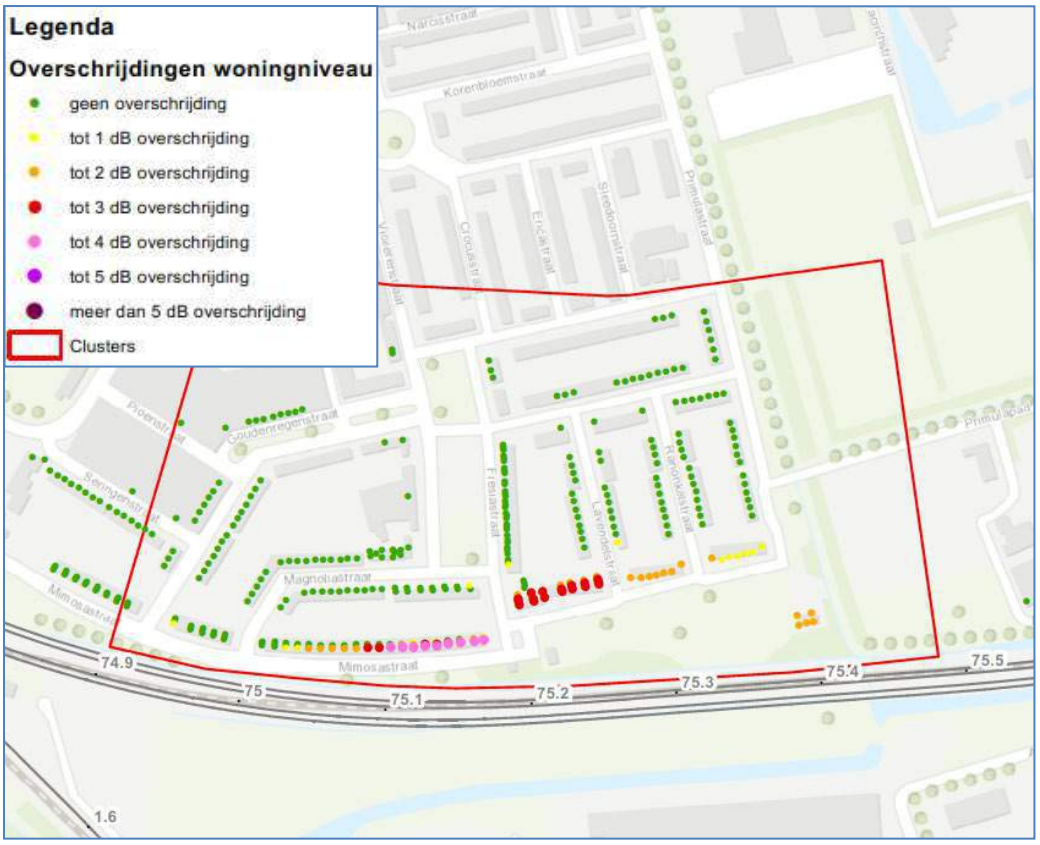
Alleen in de omgeving van de Mimosastraat wordt binnen de onderzoeksgebieden de streefwaarde op woningniveau overschreden. Op basis hiervan wordt een cluster gevormd. Voor de objecten met een overschrijding moet de doelmatigheid van maatregelen afgewogen worden.

In de volgende paragraaf wordt de doelmatigheid van maatregelen afgewogen voor het cluster in de omgeving van de Mimosastraat.

[8] Bgm artikel 33 lid 2
[9] Vanwege het totaaloverzicht en transparantie is ook inzichtelijke gemaakt wat de toets aan de streefwaarde is voor de geluidgevoelige objecten buiten de onderzoeksgebieden.

5.4 Afweging doelmatige maatregelen

In de omgeving van de Mimosastraat wordt op 81 woningen in de toekomstige situatie de streefwaarde voor de geluidbelasting overschreden. De maximale geluidbelasting bedraagt 65 dB. De maximaal benodigde geluidsreductie is 3.7 dB. De grootste overschrijdingen van de streefwaarde bevinden zich op de begane grond van de appartementen aan de Mimosastraat. De overschrijdingen worden veroorzaakt door het niet realiseren van het reeds in het geluidregister opgenomen saneringsscherm. Bij de bepaling van de streefwaarde is er daardoor rekening gehouden met het betreffende scherm. Het cluster en de mate van overschrijding per adres zijn weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 5.2 Overschrijdingen op woningniveau Mimosastraat

De eerste stap in de doelmatigheidsafweging is in kaart brengen wat de beschikbare reductiepunten zijn. Dat wordt uitgevoerd in de theoretische situatie zonder de bestaande maatregelen. Alle geluidgevoelige objecten binnen het cluster dragen bij aan het totaal aan reductiepunten in het cluster (mits de geluidbelasting hoog genoeg is). Het “budget” in het cluster bedraagt 370.300 reductiepunten.

Voor het cluster zijn vier sporen gelegen. Over de twee noordelijke sporen rijden de treinen van en naar Emmen, terwijl de twee zuidelijke sporen het treinverkeer van en naar Meppel (Leeuwarden/Groningen) verwerken. De intensiteit en snelheid zijn op de zuidelijke sporen naar Meppel aanzienlijk hoger waardoor de geluidemissie als gevolg van deze sporen ongeveer 10 dB hoger is dan van de sporen naar Emmen op deze locatie (83 dB versus 73 dB).

Er is een doelmatigheidsafweging gemaakt van vijf DMC-varianten[10] voor de te treffen maatregelen. Allereerst is het effect bepaald van de bronmaatregelen. De bronmaatregelen in de vorm van raildempers zijn alleen toegepast op de sporen met de hoogste geluidemissie van en naar Meppel. Het toepassen van raildempers op de sporen van en naar Emmen heeft een zeer beperkt aanvullend effect.

Vervolgens is gekeken naar de effecten van geluidschermen. Voor het geluidreducerende effect van schermen geldt dat hoe dichter deze naar de bron toe worden geplaatst, hoe effectiever deze zijn. In het ontwerpvoorschrift (OVS) Geluidsbeperkende constructies bij spoorwegen van ProRail staat dat het mogelijk is om schermen vanaf 2.5 meter uit het hart van het spoor te plaatsen, dus dichterbij dan de gebruikelijke 4.75 meter. Hierbij is het wel van belang dat rekening wordt gehouden met inspectiepaden. De effecten van de locatie van het scherm tot aan de maatgevende sporen zijn bepaald in DMC-variant 2 en 3. In DMC-variant 2 wordt een geluidscherm met een hoogte van 1 m gerealiseerd aan de noordzijde van het spoor. Het scherm is 550 meter lang en bevind zich op 4,75 meter van het hart van de sporen naar Emmen. In DMC-variant 3 wordt een geluidscherm met een hoogte van 1 m gerealiseerd op een afstand van de minimale 2.5 meter uit het spoor ten opzichte de maatgevende zuidelijke sporen naar Meppel.

In de twee daaropvolgende DMC-varianten is het geluidscherm precies tussen de sporen in geplaatst en is rekening gehouden met de maximale lengte van het scherm aan de oostzijde vanwege spoorveiligheid. Omdat het scherm tussen de sporen staat moet deze aan beide zijden absorberend worden uitgevoerd. Het scherm tussen de sporen heeft een lengte van 184 meter en is 1.5 meter hoog. Vanaf het verplichte einde van het geluidscherm zijn over beide sporen van en naar Meppel over een lengte van 286 meter raildempers toegepast.

Een verdere beschrijving van deze varianten en de afweging hiervan is weergegeven in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Doelmatigheidsafweging Mimosastraat

Basisgegevens		
Aantal reductiepunten in cluster zonder de bestaande maatregelen		370.300
Aantal objecten boven de streefwaarde zonder maatregelen		81
Onderzochte DMC-varianten		**Beschrijving**
1	Bronmaatregelen	Raildempers over 2 zuidelijke sporen, totaal 550m
2	Geluidscherm 1 meter [4.75 m] t.o.v. noordelijke sporen	1 meter hoog scherm over een lengte van 550 meter op 4.75 meter afstand van de noordelijk sporen

[10] Variant waarin maatregelen worden getoetst op basis van het Doelmatigheidscriterium (DMC).

3	Geluidscherm 1 meter [2.5 m] t.o.v. zuidelijk sporen	1 meter hoog scherm over een lengte van 550 meter op 2.5 meter afstand van de zuidelijke sporen
4	Geluidscherm [variërende afstand] t.o.v. zuidelijk sporen met raildempers	1.5 meter hoog scherm over een lengte van 184 meter tussen noordelijke en zuidelijke sporen icm met 286 meter raildempers
5	Geluidscherm [variërende afstand] t.o.v. zuidelijk sporen met raildempers en extra scherm 1m [4.75 m] t.o.v. noordelijke sporen	1.5 meter hoog scherm over een lengte van 184 meter tussen noordelijke en zuidelijke sporen icm met 286 meter raildempers en 1 meter hoog scherm aan noordzijde over een lengte van 96 meter

Maatregelafweging

DMC Maatregel-variant	Aantal maatregelpunten	Geluidreductie dB / %	Aantal objecten boven streefwaarde
1	31.900	120.2 / 65.2%	40
2	45.650	113 / 61.3%	48
3	45.650	184.4 / 100%	0
4	32.596	159.2 / 86.3%	17
5	40.564	176.5 / 95.7%	0

Doelmatigheidsafweging per DMC-regel, zie bijlage I

DMC Maat-regel-variant	Regel 1 "alles opgelost?"	Regel 2 "binnen budget?"	Regel 3 "zinvolle uitbreiding?"	Regel 4 "scherm vervangen?"	Regel 5 "5 dB-eis"	Regel 6 "meeste reductie?"
1	nee	ja	nee	nee	n.v.t.	nee
2	nee	ja	nee	nee	nee	nee
3	ja	ja	nee	nee	ja	ja
4	nee	ja	nee	nee	ja	nee
5	ja	ja	ja	nee	ja	nee

Conclusie

Variant 5 is op basis van regel 1 en 3 doelmatig

Uit de tabel kan worden opgemaakt dat op basis van DMC-variant 4 waarin alleen het 1.5 meter tussen de sporen worden toegepast in combinatie met raildempers op 17 woningen niet voldaan kan worden aan de streefwaarde. Het is noodzakelijk aanvullende maatregelen te treffen. Het toepassen van de raildempers op de sporen naar Emmen heeft vanwege de lage geluidemissie van de sporen weinig effect en zorgt er niet voor dat alle knelpunten worden opgelost.

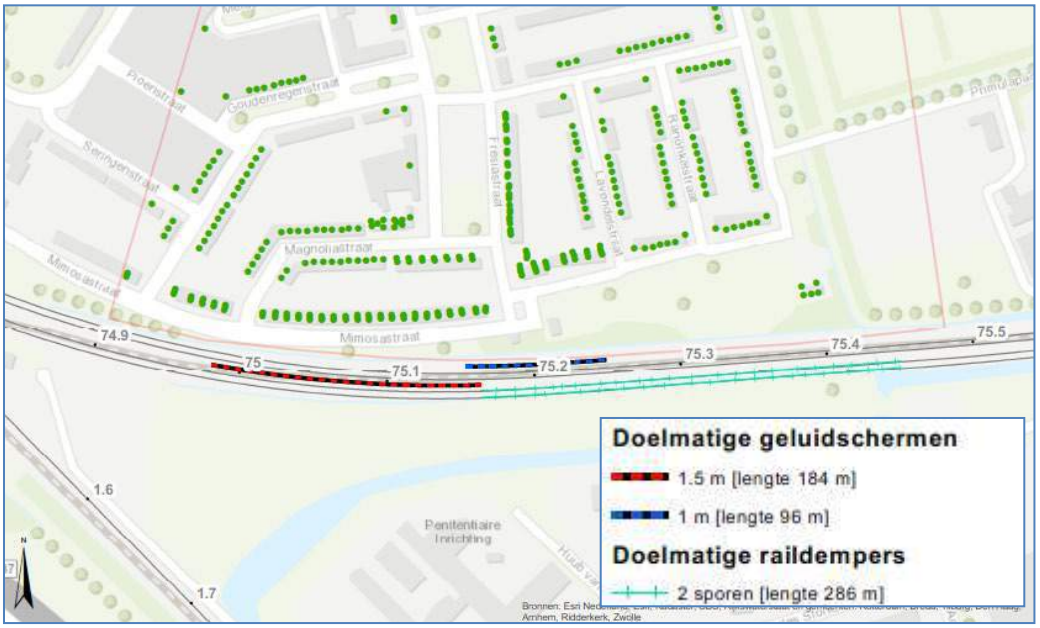
Voor de 17 overgebleven overschrijdingen moet de resterende benodigde geluidreductie worden behaald middels het toepassen van een geluidscherm aan de noordzijde van het spoor omdat het doortrekken van het scherm tussen de sporen niet mogelijk bleek. Uitgaande van een overlap van 10 meter met het scherm tussen de sporen volstaat een geluidscherm met een hoogte van 1 meter over een lengte van 96 meter om de geluidbelasting op de resterende overschrijdingen te laten voldoen aan de streefwaarde. Het 'aanvullende' geluidscherm kan ondanks de grotere afstand tot de maatgevende sporen relatief laaf blijven. Dit komt wederom doordat de resterende overschrijdingen zich op de lagere bouwlagen bevinden.

De doelmatige DMC-variant is daarom het 1.5 meter hoge scherm tussen de sporen (over een lengte van 184 meter en aan beide zijden absorberend uitgevoerd) in combinatie met raildempers over een lengte van 286 meter over de sporen richting Meppel en een 1 meter hoog geluidscherm over een lengte van 96 aan de noordzijde van de sporen (DMC-variant 5).

Ook in DMC-variant 3 wordt overal voldaan aan de streefwaarde. Deze maatregel is echter kostbaarder (meer maatregelpunten) dan DMC-variant 5. Tevens is deze variant niet mogelijk in het kader van spoorveiligheid vanwege de te kleine afstand van het scherm tot aan het spoor.

Omdat alle objecten met de maatregelen uit variant 5 voldoen aan de streefwaarde is het verder uitbreiden van het maatregelenpakket (richting het westen) volgens het doelmatigheidscriterium niet nodig.

Met het toepassen van de doelmatige maatregelen zijn er geen woningen meer over met een overschrijding van de streefwaarde. Er is geen nader onderzoek noodzakelijk naar de geluidwering van de woningen. In figuur 5.3 en bijlage VI zijn de doelmatige maatregelen voor het cluster Mimosastraat weergegeven. De maximale geluidbelasting in het cluster bedraagt 65 dB na het treffen van maatregelen.



Figuur 5.3: Doelmatige maatregelen in cluster Mimosastraat

In de tabellen hieronder volgt de exacte locatie van de doelmatige maatregelen.

Geluidschermen

Locatie Geluidscherm [Cluster]	Hoogte tov BS [m]	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte [m]
Mimosastraat	1.5	tussen de sporen*	74.980	75.164	184
Mimosastraat	1	4.75 m tov noordelijke sporen	75.154	75.250	96

*let op: afstand van scherm tot spoor variabel (precies tussen sporen)

Raildempers

Locatie Raildempers [Cluster]	Aantal sporen	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte totaal [m]
Mimosastraat	2	2 meest zuidelijke sporen	75.164	75.450	572*

*2 sporen x 286 meter

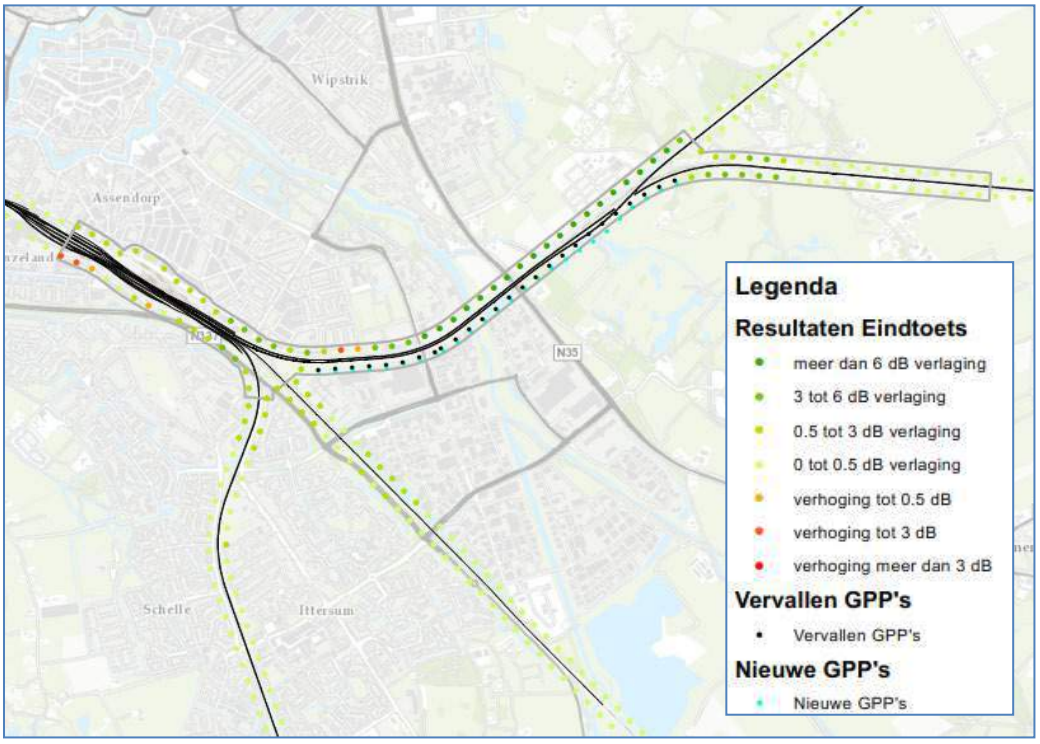
5.5 Vaststelling geluidproductieplafonds

De maatregelen die volgen uit de voorgaande paragraaf zijn nodig om de overschrijding van de streefwaarden teniet te doen. Daar waar maatregelen niet doelmatig zijn of waar de hogere geluidemissie geen overschrijding van de streefwaarden op woningniveau veroorzaakt, worden hogere GPP-waarden vastgesteld.

Voor het op de juiste wijze juridisch vastleggen van de geluidruimte na realisatie van het project, worden de GPP's waarden opnieuw berekend op basis van de nieuwe brondata. Omdat het een grootschalige wijziging aan het spoor betreft is, wordt ter voorkoming van rekenartefacten bijna alle projectdata opgenomen in het geluidregister.

Voorafgaand aan de definitieve vaststelling van de GPP's is eerst een toets nodig om te bepalen waar de projectbrongegevens moeten worden overgenomen en waar de registergegevens niet aangepast hoeven te worden. Dit bepaalt welke GPP's daadwerkelijk wijzigen. Deze toets wordt de zogenaamde 'Eindtoets' genoemd. Een nadere toelichting op deze toets is terug te vinden in bijlage VIII.

De GPP's conform de Eindtoets zijn weergegeven in de figuur hieronder en in detail in bijlage VIII (inclusief mate van over- of onderschrijding).



Figuur 5.4: Eindtoets inclusief terugplaatsen projectdata met maatregelen

In bijna het gehele projectgebied worden de GPP's gewijzigd (zowel verhogingen, verlagingen als nieuwe vaststelling). Ook buiten de akoestische projectgrenzen kunnen GPP's wijzigen.

Ten zuiden van station Zwolle is er sprake van vier GPP-overschrijdingen die niet met maatregelen door het project opgelost worden. Ter hoogte van de Mimosastraat zijn wel geluidbeperkende maatregelen voorzien. De fysieke wijzigingen aan het spoor ter hoogte van de maatregelen lopen vanaf Zwolle goederen aansluiting door tot na het knooppunt met de aftakkingen naar Emmen en Meppel. Het gedeelte waarover de projectgegevens opgenomen moeten worden in het register bestrijkt daarmee bijna het gehele projectgebied.

Richting Emmen vanaf km 4.900, waar er geen sprake meer is van een fysieke wijziging (alleen nog een snelheidsverhoging) en er sprake is van onderschrijdingen van het GPP kan de registerdata vigerend blijven. In het kader van beheersbaarheid en consistentie is besloten om de projectbrongegevens overal tussen de projectgrenzen (met uitzondering van de richting naar Emmen vanaf km 4.900) op te nemen in het geluidregister zodra het TB vastgesteld is.

Het wijzigen van de GPP-punten over bijna het gehele projectgebied en deels daarbuiten heeft tot gevolg dat bij verlagingen van de GPP's gekoppelde sanering onderzocht moet worden. Hiervan is sprake nabij het station van Zwolle, bij de splitsing van de sporen te Herfte en langs het spoor richting Deventer. Voor al deze situaties is de geluidproductie lager geworden en zodanig dat voldaan wordt aan de streefwaarde van 65 dB die bij sanering wordt aangehouden. In het projectgebied zijn daarom voor de saneringsobjecten van de eindmeldingslijst (sanering A) geen aanvullende saneringsmaatregelen noodzakelijk.

In bijlage X is een overzicht gegeven van de status van de saneringsobjecten die ‘gekoppeld’ onderzocht zijn. Deze woningen zullen worden afgemeld van de saneringslijst. Saneringswoningen buiten de onderzochte gebieden blijven recht hebben op sanering.

5.6 Objecten boven de streefwaarden

Er zijn geen woningen (inclusief ligplaatsen voor de woonboten) waarbij als gevolg van het project niet aan de streefwaarden wordt voldaan.

5.7 Cumulatie

Men spreekt van cumulatie als er samenloop van geluid is door twee of meer geluidbronnen, zoals spoorwegen, industriegebieden, vliegvelden, rijkswegen of belangrijke lokale wegen. Onderzoek naar de cumulatie kan achterwege blijven als de geluidsbelasting vanwege de andere geluidbronnen de voorkeurswaarde van die andere bronnen niet overschrijdt (zie bijlage I).

Bij het bepalen van de cumulatieve geluidsbelasting wordt rekening gehouden met de verschillen in hinderlijkheid tussen verschillende geluidtypen. Uit onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat railverkeerslawaai bij een zelfde geluidsbelasting minder hinderlijk is dan wegverkeerslawaai.

Omdat er als gevolg van het project geen woningen zijn waarbij niet aan de streefwaarden kan worden voldaan, is het niet noodzakelijk cumulatie in beeld te brengen.

5.8 Gevolgen spooruitbreiding niet geluidgevoelige objecten

Er zijn ook objecten waarvoor geen wettelijke grenswaarden gelden maar die wel effecten van de geluidbelasting kunnen ondervinden vanwege de spooruitbreiding. Aan de zuidzijde van het spoor rond km 75.500 bevindt in de Anthony Fokkerstraat de Kynologenclub Zwolle (hondenvereniging). De geluidbelasting neemt hier vanwege de uitbreiding van de sporen beperkt toe (tot 1.2 dB). De activiteiten van de hondenclub worden niet meer belemmerd dan in de situatie van voor de spooruitbreiding.

5.9 Laagfrequent geluid

In tunnels of bij een verdiepte spoorligging kunnen trillingen in de bodem ontstaan die laagfrequent geluid veroorzaken. Dit zou dus kunnen ontstaan bij de dive under. Laagfrequent geluid dooft op korte afstand van de bron, binnen 50 meter, uit. Er bevinden zich geen woningen op deze korte afstand van de dive under. Daarom wordt geen hinder door laagfrequent geluid verwacht.

6 Samenvatting en conclusies

De capaciteit van het baanvak tussen station Zwolle en de spoorsplitsing bij Herfte is te klein. Om de capaciteit van het baanvak te vergroten worden onder meer twee extra sporen en een vrije spoorkruising tussen Zwollen en Herfte aangelegd. In het Tracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte wordt de uitbreiding van de sporen en de ligging van het tracé planologische vastgelegd. Het project betreft een uitbreiding van een reeds bestaande verbinding. Het tracébesluit doorloopt in dit geval de verkorte Tracéwetprocedure. Als onderbouwing voor het tracébesluit wordt er akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Voor geluid gelden de wettelijke regels uit hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer (Wm). Het doel van dit onderzoek is aan te tonen hoe voldaan kan worden aan de wettelijke eisen uit de Wet milieubeheer.

Uit akoestisch onderzoek kunnen de volgende conclusie worden getrokken:

- De geluidemissie van het project is lager dan die van de brondata in het geluidregister waarmee de vigerende GPP's zijn vastgesteld.
- Het geprojecteerde saneringscherm in de omgeving van de Mimosastraat kan vanwege de uitbreiding van het project niet meer gerealiseerd worden.
- Vanwege het niet realiseren van het geluidscherm zullen er op deze locatie overschrijdingen van de volledige benutte GPP's optreden na uitvoering van het project. Tevens zullen er vanwege de verbreding van het spoor GPP-punten verplaatst moeten worden.
- Op deze locaties is de geluidbelasting op woningniveau getoetst aan de wettelijke streefwaarden. Hieruit blijkt dat ter hoogte van de Mimosastraat overschrijdingen ontstaan.
- Via een doelmatigheidstoets voor de woningen in het cluster zijn de maatregelen bepaald. Deze worden in de tabel hieronder weergegeven.

Geluidschermen

Locatie Geluidscherm [Cluster]	Hoogte tov BS [m]	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte [m]
Mimosastraat	1.5	tussen de sporen*	74.980	75.164	184
Mimosastraat	1	4.75 m t.o.v. noordelijke sporen	75.154	75.250	96

*let op: afstand van scherm tot spoor variabel (precies tussen sporen)

Raildempers

Locatie Raildempers [Cluster]	Aantal sporen	Oriëntatie	km van	km tot	Lengte totaal [m]
Mimosastraat	2	2 meest zuidelijke sporen	75.164	75.450	572*

*2 x 286 meter

De exacte locaties van de doelmatige maatregelen worden grafisch weergegeven in bijlage VI.

- Na afloop van het project wordt een groot gedeelte van de projectdata opgenomen in het register. De GPP's worden gewijzigd of ze worden opnieuw vastgesteld op de locaties waar vanwege de spooruitbreiding de GPP's

verplaatst moeten worden. Het wijzigen van de GPP-punten over bijna het gehele projectgebied en deels daarbuiten heeft tot gevolg dat bij verlagingen van de GPP's gekoppelde sanering onderzocht moet worden.

- Uit de geluidsberekeningen blijkt dat bij alle saneringswoningen die op de eindmeldingslijst staan de geluidbelasting na wijzigen van de GPP's 65 dB of lager is. In het projectgebied zijn daarom voor de saneringsobjecten geen aanvullende saneringsmaatregelen noodzakelijk.

Colofon

Opdrachtgever ProRail B.V.

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Planontwikkeling en Bouwprocessen: Omgeving en Conditionering

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 265 55 55

Ondertekenaar ing. S. P. Voeten

Projectnummer RA001791

Opgesteld door ir. M.H. Meeuws

© 2015, Movares Nederland B.V.

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

Bijlage I - Details wettelijk kader

Deze bijlage bevat een uitgebreide uitwerking van het wettelijk kader dat beknopt is beschreven in hoofdstuk 2

Het wettelijk kader voor dit project, dat valt onder de Tracéwet wordt gevormd door hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer (Wm) waarin regels zijn vastgelegd met betrekking tot de geluidproductie van hoofdspoorwegen en rijkswegen.

Daarbij gelden ook het Besluit geluid milieubeheer (Bgm) en de Regeling geluid milieubeheer (Rgm) en het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (RMG2012).

De Wm stelt eisen aan:
- De geluidproductie van de spoorweg.

En als de geluidproductie wijzigt ook aan:
- De geluidsbelasting die optreedt op geluidsgevoelige objecten.

In het navolgende wordt eerst ingegaan op de geluidsbelasting en daarna op de geluidproductie. De overige paragrafen van dit hoofdstuk behandelen de geldende wetgeving als er veranderingen optreden aan de geluidproductie.

Geluidsbelasting op geluidsgevoelige objecten

De geluidsbelasting die optreedt door het geluid van de spoorweg op geluidsgevoelige objecten, waaronder woningen, is een belangrijk onderdeel van de wetgeving.

Geluidsgevoelige objecten zijn (Bgm artikel 2) onder andere:
- Woningen, dat wil zeggen objecten die voor bewoning bestemd zijn (Bgm artikel 1 lid 1);
- Onderwijsgebouwen;
- Ziekenhuizen;
- Kinderdagverblijven;
- Kavels bestemd als standplaats voor woonwagens;
- Ligplaatsen in het water, bestemd voor woonschepen.

Penitentiaire inrichtingen, justitiële jeugdinrichtingen en TBS inrichtingen zijn niet geluidsgevoelig (Bgm artikel 4). Alle andere objecten, zoals kantoren of hotels, die niet specifiek in de wetgeving genoemd zijn, zijn wettelijk gezien niet geluidsgevoelig. Voor deze objecten moet bij het nemen van een besluit wel een afweging gemaakt worden of veranderingen in de geluidsituatie door de uitvoering van het project acceptabel zijn, op basis van algemene beginselen van behoorlijk bestuur.

De geluidsbelasting wordt berekend met een rekenmodel, dat voldoet aan het RMG2012. De reden dat geluidberekeningen de voorkeur genieten boven geluidmetingen is dat het niet mogelijk is om bij een spoorproject geluidmetingen te doen aan een gewijzigde situatie, die pas in de toekomst ontstaat. Een andere reden is dat het uitvoeren van nauwkeurige metingen kostbaar en tijdrovend is, waardoor het niet mogelijk is om bij alle objecten metingen uit te voeren. Het rekenmodel is echter gebaseerd op metingen en wordt regelmatig via metingen getoetst.

De berekende waarde voor de geluidsbelasting wordt afgerond naar het dichtstbijzijnde gehele getal, waarbij een halve eenheid wordt afgerond naar het even getal (RMG2012 artikel 1.3).

De geluidsbelasting van een geluidsgevoelig gebouw is de geluidsbelasting van de hoogst belaste gevel van dat object (RMG2012 artikel 5.4). Voor een woonwagenstandplaats en een ligplaats van een woonschip is een vaste hoogte voorgeschreven, namelijk resp. 1,5 meter en 1 meter boven lokaal maaiveld.

Een gevel is gedefinieerd als de bouwkundige constructie die een ruimte in het geluidsgevoelig object scheidt van de buitenlucht, inclusief het dak (Bgm artikel 1 lid 1). Soms zijn woningen gebouwd met een zogenaamde “dove gevel” (Wet geluidhinder artikel 1b lid 4). Deze dove gevels vallen niet onder het begrip gevel (Bgm artikel 1 lid 3) en het geluid op die gevels behoeft dan ook niet te worden beoordeeld. Het gaat dan om woningen die langs spoorwegen gebouwd zijn na 2005[12].

De gebruikte geluidmaat voor de geluidsbelasting is de L_{den} in dB. De L_{den} is gedefinieerd in de Europese richtlijn 2002/49/EG van 25 juni 2002 (Wm artikel 11.1 lid 1). De L_{den} is gebaseerd op drie deelniveaus[13]:

- Lday; het equivalente geluidniveau gedurende de dag (07-19 uur),
- Levening; het equivalente geluidniveau gedurende de avond (19-23 uur)
- Lnight; het equivalente geluidniveau gedurende de nacht (23-07 uur).
-

Met equivalent geluidsniveau wordt bedoeld het gemiddelde geluidsniveau over de lange termijn (RMG2012 artikel 5.2).

De geluidsbelasting in L_{den} wordt uit de drie deelniveaus L_{day}, $L_{evening}$ en L_{night} berekend als volgt:

$$L_{den} = 10\lg\frac{1}{24}\left(12*10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4*10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8*10^{\frac{L_{night}+10}{10}}\right)$$

Uit deze formule blijkt dat de avondperiode een toeslag krijgt van 5 dB en de nachtperiode een toeslag van 10 dB. Het geluid tijdens de 12 uren van de avond en

[12] Dove gevels bestaan voor wegen sinds ongeveer het jaar 2000. Door de andere terminologie in het toen geldende Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs), was de dove gevel oorspronkelijk niet van toepassing op spoorweglawaai. Het Bgs is op 7 maart 2005 gewijzigd. Op dat moment werd het begrip dove gevel ook voor spoorwegen toepasbaar, zie Staatsblad 2005, nr 145.

[13] De geluidsbelasting wordt altijd bepaald op basis van de L_{den}. Voor projecten die vallen onder de Wet geluidhinder wordt voor scholen en kinderdagverblijven de avond- en/of nachtperiode buiten beschouwing gelaten (Besluit geluidhinder artikel 1.6)

nacht tellen hierdoor zwaarder mee in het eindresultaat dan de 12 uren van de dagperiode.

De L_{day}, $L_{evening}$ en L_{night} worden op apart berekend volgens Standaardrekenmethode 2 uit Bijlage IV van het RMG2012 (artikel 5.8 lid 2 onder a). Daarbij wordt rekening gehouden met het aantal rekeneenheden van reizigerstreinen of goederentreinen die gedurende de dag, de avond en de nacht passeren. Rekeneenheden zijn bijvoorbeeld het aantal wagens of het aantal (delen van) een treinstel.

Om de equivalente geluidsbelasting te bepalen wordt gerekend met het aantal rekeneenheden dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, op een traject passeert (analoog aan Rgm artikel 3 onder a).

Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met:

- Het type trein. De verschillende treintypes zijn in 11 categorieën ingedeeld die elk een verschillende geluiduitstraling hebben. De 11 categorieën zijn:
  1. Blokgeremd reizigersmaterieel, waaronder Mat'64
  2. Schijf+blokgeremd reizigersmaterieel, waaronder ICMIII, ICR
  3. Schijf+blokgeremd elektrisch materieel, SGM
  4. Goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen
  5. Blokgeremd dieselmaterieel, zoals loc DE-6400
  6. Schijfgeremd dieselmaterieel, zoals DM'90
  7. Schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel
  8. Schijfgeremd reizigersmaterieel, waaronder ICMIV, IRM, diverse types lightrail materieel
  9. Schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel
  10. Lightrailmaterieel, waaronder A32 en Regio Citadis
  11. Goederenmaterieel met alternatieve blokkenrem
- De representatieve treinsnelheid.
- Het feit of de treinen remmen. Treinen met een blokkenrem op het wiel maken meer geluid als de remmen worden aangezet dan treinen met schijfremmen.
- Het type bovenbouwconstructie. Zo maakt voegenspoor op houten dwarsliggers meer geluid dan doorgelast spoor op betonnen dwarsliggers. Ook het effect van niet voegloze wissels wordt in rekening gebracht, of de aanwezigheid van raildempers.
- De geluiduitstraling van eventuele kunstwerken, zoals bruggen en viaducten. Indien nodig worden metingen uitgevoerd om de geluiduitstraling van met name stalen bruggen in rekening te brengen.
- De overdracht van het geluid van de spoorlijn naar de geluidsgevoelige objecten. Daarbij wordt het effect van de afstand in rekening gebracht, de demping door de lucht, de bodemdemping en eventuele hoogteverschillen.
- De aanwezigheid van afscherming, zoals perrons, geluidschermen of gebouwen.
- Reflecties op andere gebouwen. Er wordt rekening gehouden met 1 reflectie. Geluidschermen worden aan de spoorse zijde absorberend uitgevoerd, zodat er geen reflecties optreden tussen de trein en het geluidscherm.

De equivalente geluidniveaus voor de dag, avond en nacht worden voor een bestaande situatie berekend op basis van de in het geluidregister opgenomen brongegevens (RMG2012 artikel 5.8). Het geluidregister is bij de invoering van hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer openbaar gemaakt.

Geluidproductie van de spoorweg

Hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer bevat naast wetgeving over de geluidsbelasting op geluidsgevoelige bestemmingen ook wetgeving over de geluidproductie van de spoorweg. De wetgeving is gericht op het stellen van een plafond aan de geluidproductie in de vorm van geluidproductieplafonds. De geluidproductieplafonds zijn geluidwaarden die gelden op referentiepunten. De ligging van deze punten is zo gekozen dat ze representatief zijn voor de geluidproductie van de spoorweg.

De referentiepunten liggen aan weerszijden van de spoorlijn. In de meeste gevallen liggen de referentiepunten op ongeveer 50 meter van het spoor en op een onderlinge afstand van ongeveer 100 meter. Figuur I-1 laat als voorbeeld de ligging van referentiepunten zien.

In dit rapport wordt kortweg de aanduiding GPP gebruikt. Daarmee wordt bedoeld “de waarde bij volledige benutting van het geldende geluidproductieplafond dan wel de waarde bij volledige benutting van het geluidproductieplafond zoals dat na wijziging zal gelden”.

De kern van hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer is dat de GPP’s door de beheerder van de spoorweg, ProRail, moeten worden nageleefd (Wm artikel 11.20). ProRail zal hierover jaarlijks rapporteren (Wm artikel 11.22).

Bij het vaststellen van de GPP’s op 1 juli 2012 zijn deze gebaseerd op het gemiddelde van de geluidproductie in de jaren 2006, 2007 en 2008. Bovenop dit gemiddelde is een ruimte van 1,5 dB gereserveerd. Deze ruimte is nodig om een normale exploitatie van de spoorweg binnen het geluidproductieplafond mogelijk te maken (Wm artikel 11.45 lid 1). Daarbij zijn enkele uitzonderingen gemaakt voor recente projecten (Wm artikel 11.45 lid 2) en voor de zogeheten dunne lijnen (Wm artikel 11.45 lid 3).

Er is een openbaar geluidregister dat deze gegevens bevat en waar iedereen de GPP’s kan inzien (Wm artikel 11.25). Dit is de website http://www.geluidregisterspoor.nl.

Figuur I-1 *van referentiepunten waarop geluidproductieplafonds gelden ten tussen station Zwolle en Herfte*

Project zonder wijziging van de geluidproductieplafonds

Bij de voorbereiding van een project zal de initiatiefnemer nagaan of de situatie na uitvoering van het project binnen de geldende GPP's zal blijven. Als verwacht wordt dat na uitvoering van het project binnen de geldende GPP's gebleven wordt, kan het project zonder verder onderzoek uitgevoerd worden.

Het aanbrengen van extra spoor, het vervangen of verplaatsen van wissels, veranderingen van de treinsnelheid of het aanleggen van een nieuwe halte zal vaak mogelijk zijn binnen het geldende GPP.

Na uitvoering van het project houdt de beheerder van de spoorlijn de verplichting om de GPP's op alle referentiepunten na te leven. Bij deze naleving wordt de feitelijke situatie jaarlijks getoetst. Dit aspect leidt er toe dat bij het voorbereiden van een project het van belang is om de toekomstige groei van het verkeer ook mee te nemen. Anders is de beheerder niet in staat om de plafonds na te leven.

Wijziging van geluidproductieplafonds

Verwachtingen over de toekomstige omvang van het treinverkeer zijn van belang of het gebruik van de spoorweg ook in de toekomst binnen het geldende GPP kan blijven. Bij het uitvoeren van een project wordt daarom niet alleen rekening gehouden met de fysieke wijzigingen, maar ook met het toekomstige verkeer in de vorm van een verkeersprognose.

ProRail is verantwoordelijk voor de keuze van deze verkeersprognose. Een hoge verkeersprognose leidt in het algemeen tot GPP wijzigingen en tot de noodzaak om geluidreducerende maatregelen te treffen. Een lage verkeersprognose vergroot het risico dat, bij groei van verkeer, later alsnog geluidreducerende maatregelen getroffen moeten worden om de GPP's na te leven.

Als de situatie na uitvoering van het project niet binnen de GPP's past is een wijziging van het GPP mogelijk. De minister van Infrastructuur en Milieu kan een GPP namelijk wijzigen als dat nodig blijkt te zijn om het project te kunnen realiseren (Wm artikel 11.28). De GPP's kunnen dan bijvoorbeeld hoger worden. Bij wijziging van een GPP is altijd onderzoek naar de geluidsbelastingen van geluidsgevoelige bestemmingen nodig.

Het besluit van de minister over deze wijziging kan ambtshalve genomen worden, of op verzoek (Wm artikel 11.31). Als onderdeel van een tracébesluit gebeurt de wijziging ambtshalve.

Wijziging van geluidproductieplafonds – akoestische kwaliteit

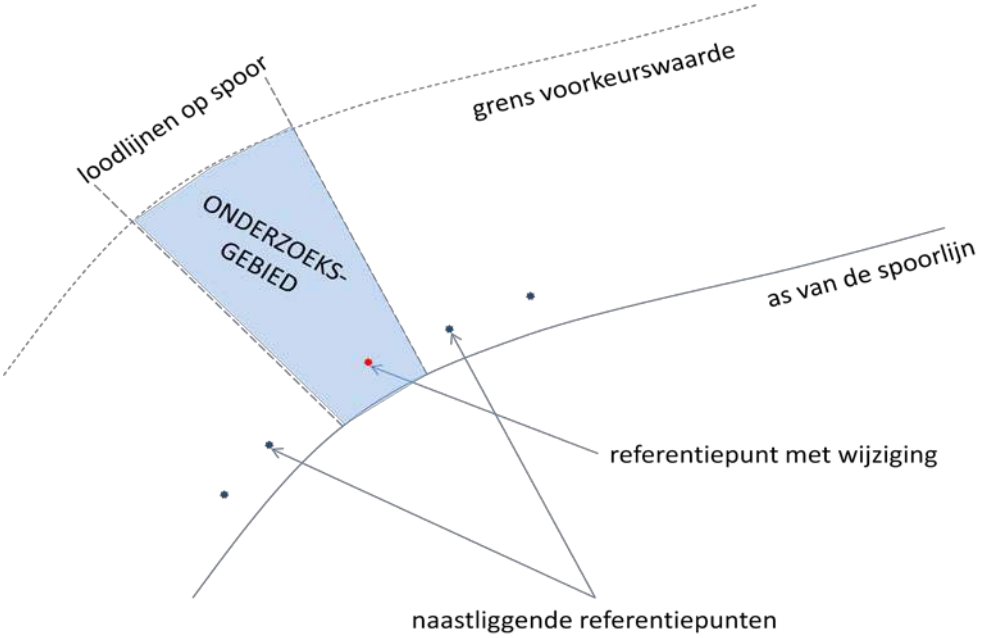
Bij het vervangen van bestaande spoorweg of een gedeelte daarvan, wordt voldaan aan de eisen van minimale akoestische kwaliteit, tenzij dit om technische redenen niet mogelijk is (Wm artikel 11.3 lid 2). Dit geldt ook bij het aanleggen van een nieuwe spoorweg. De minimale akoestische kwaliteit heeft een geluidproductie die overeen komt met de geluidproductie van voegloos spoor op betonnen dwarsliggers in ballastbed (Bgm artikel 7 lid 2).

Bij verhoging van een GPP op verzoek van de beheerder van de spoorlijn, moet eveneens voldaan worden aan de minimale akoestische kwaliteit (Wm artikel 11.28 lid 2 onder a). Bij een tracébesluit is geen sprake van een verzoek van de beheerder, maar neemt de minister van Infrastructuur en Milieu een besluit.

Bij wijziging geluidproductie wordt de geluidsbelasting beoordeeld

Een GPP mag niet gewijzigd – dus ook niet verlaagd – worden zonder te beoordelen of er een overschrijding van de streefwaarde voor de geluidsbelasting optreedt op de geluidsgevoelige objecten in de buurt van het referentiepunt.

Wat wordt bedoeld met “in de buurt” is gedefinieerd in het RMG2012 artikel 5.10, lid 2. Het akoestisch onderzoek heeft betrekking op alle geluidsgevoelige objecten die liggen binnen een gebied dat wordt begrensd door de as van de spoorlijn en twee lijnen loodrecht op de as van de spoorweg, op de halve afstand tot de naastliggende referentiepunten. Op de plek waar de spoorweg van de beheerder eindigt worden alle geluidsgevoelige objecten meegenomen. Echter volgens RMG2012 artikel 5.10 lid 4, hoeven geluidsgevoelige objecten die een geluidsbelasting lager dan de voorkeurswaarde ondervinden niet te worden meegenomen. Dit begrenst het onderzoeksgebied. Dit is onderstaande figuur aangegeven.



Figuur I-2 *Bepaling van het onderzoeksgebied rond een referentiepunt dat gewijzigd wordt in het TB.*

Elk geluidsgevoelig object heeft een “streefwaarde” voor de geluidsbelasting. Over het algemeen is de streefwaarde gelijk aan de waarde bij het geldende GPP.

Als een wijziging van een GPP ertoe zou leiden dat de geluidsbelasting op een geluidsgevoelig object in de omgeving van het referentiepunt boven de streefwaarde komt, wordt onderzocht of de geluidsbelasting door het nemen van maatregelen kan worden teruggebracht tot minstens deze streefwaarde. Daarbij wordt een afweging gemaakt of de geluidmaatregelen doelmatig zijn.

Bij geluidsgevoelige objecten kan sprake zijn van een “saneringssituatie”. Dit is een historisch gegroeide geluidsituatie die de wetgever niet wenselijk heeft geacht bij de invoering van hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer. Voor deze saneringsobjecten gelden lagere streefwaarden, met als doel de geluidsbelasting te reduceren en de saneringsituatie op te heffen.

Bij de wijziging van een geluidproductieplafond moet volgens de Wm de geluidsanering ook worden aangepakt (Wm artikel 11.42). Dit wordt gekoppelde sanering genoemd.

De maatregelen voor saneringsobjecten worden bij gekoppelde sanering integraal meegenomen bij de afweging van de maatregelen (Memorie van toelichting bij de Invoeringswet geluidproductieplafond, kamerstuk 32625 nr. 3).

De streefwaarden bij wijziging van geluidproductieplafonds

Bij het wijzigen van een GPP gelden verschillende streefwaarden, afhankelijk van het type geluidsgevoelig object. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie situaties:

1. Een geluidsgevoelig object is een saneringsobject.
2. Een geluidsgevoelig object is geen saneringsobject. Binnen vrijwel alle projecten zijn ook dit soort “gewone” objecten aanwezig;
3. Geluidsgevoelige objecten waarvoor een hogere geluidsbelasting is toegestaan dan de wettelijke maximumwaarde ingevolge de Wet geluidhinder op grond van toepassing van de Interimwet stad-en-milieubenadering. Voor deze objecten gelden geen streefwaarden (Wm artikel 11.40).

Eerst wordt ingegaan op de saneringsobjecten. Aan het eind van deze paragraaf wordt ingegaan op de niet-saneringsobjecten.

Saneringsobjecten vallen in een van onderstaande categorieën a, b of c:

a. Woningen en andere geluidsgevoelige objecten die in het verleden door de gemeente zijn gemeld aan het toenmalige ministerie van VROM. Deze objecten zijn opgenomen op een lijst, de zogeheten eindmelding. Deze objecten zijn saneringsobjecten als ze nog niet eerder zijn gesaneerd en als ze bij het huidige GPP een geluidsbelasting hebben die hoger is dan 65 dB (Wm artikel 11.57 lid 1 onder a). Voor deze objecten geldt een streefwaarde van 65 dB (Wm artikel 11.59 lid 1).
b. Woningen, ligplaatsen voor woonschepen en standplaatsen voor woonwagens die bij het huidige GPP een geluidsbelasting hebben die hoger is dan 70 dB (Wm artikel 11.57 lid 1 onder b). Voor deze objecten geldt ook een streefwaarde van 65 dB (Wm artikel 11.59 lid 1).
c. Woningen, ligplaatsen voor woonschepen en standplaatsen voor woonwagens die liggen langs bepaalde spoortrajecten opgenomen in Bijlage 4 van het Besluit geluid milieubeheer (Wm artikel 11.57 lid 1 onder c) en die tevens bij het huidige GPP een geluidsbelasting hebben die hoger is dan 60 dB. Voor deze objecten geldt als streefwaarde de geluidsbelasting bij het huidige GPP minus 5 dB (Wm artikel 11.59 lid 2). Als deze waarde hoger is dan 65 dB, geldt 65 dB als streefwaarde.

Voor saneringsobjecten moet op termijn, uiterlijk 31 december 2020, een saneringsplan worden opgesteld (Wm artikel 11.56 lid 1).

Als er eerder een saneringsplan is vastgesteld, geldt voor de geluidsgevoelige objecten in bovenstaande categorieën dezelfde streefwaarde als voor niet-saneringsobjecten.

Voor de niet-saneringsobjecten en voor de reeds gesaneerde saneringsobjecten geldt bij wijziging van een GPP een streefwaarde die gelijk is aan de geluidsbelasting bij het huidige GPP (Wm artikel 11.30 lid 2). Daarbij geldt echter ook dat een waarde van 55 dB, de voorkeurswaarde, altijd is toegestaan (Wm artikel 11.30 lid 3). De streefwaarde

voor geluidsgevoelige objecten die bij het huidige GPP een geluidsbelasting hebben van 55 dB of lager bedraagt dus 55 dB.

Afwijken van de streefwaarden

Bij het uitvoeren van een project kan het nodig zijn dat GPP's gewijzigd moeten worden. In dat geval dient ernaar te worden gestreefd om de streefwaarden op alle geluidsgevoelige objecten niet te overschrijden. Met andere woorden, de geluidsbelasting bij het gewijzigde GPP dient niet hoger te zijn dan de geldende streefwaarden.

De minister mag afwijken van deze doelstelling (Wm artikel 11.30, lid 4). Dat kan de minister doen als geluidmaatregelen financieel niet doelmatig zijn (Wm artikel 11.29, lid 1 onder a) of als deze stuiten op overwegende bezwaren van stedenbouwkundige, verkeerskundige, vervoerskundige, landschappelijke of technische aard (Wm artikel 11.29, lid 1 onder b).

Daarbij bestaat er wel een harde grens: Indien de streefwaarde wordt overschreden mag voor de niet-saneringsobjecten de geluidsbelasting niet hoger zijn dan de maximale waarde van 70 dB (Wm artikel 11.30, lid 5), tenzij er een overschrijdingsbesluit wordt genomen (Wm artikel 11.30, lid 7). Een overschrijdingsbesluit kan alleen onder strikte voorwaarden genomen worden (Wm artikel 11.49 e.v.).

Voor saneringsobjecten mag de maximale waarde van 70 dB wel worden overschreden. Dat is alleen toegestaan als de geluidsbelasting bij het gewijzigde GPP niet hoger is dan de geluidsbelasting bij het oorspronkelijke GPP (Wm artikel 11.42 lid 3 onder b).

Overschrijdingen van de maximale waarde moeten worden gemeld aan de Dienst voor het kadaster, zodat het besluit daarover in de openbare registers kan worden ingeschreven. (Voor niet-saneringsobjecten conform Wm artikel 11.53; voor saneringsobjecten conform Wm artikel 11.42 lid 4 en Wm artikel 11.65 lid 2).

Cumulatie met andere geluidbronnen

Bij het uitvoeren van akoestisch onderzoek moeten tevens de effecten van de cumulatie van geluid onderzocht worden (in de Wm “samenloop” genoemd, Wm artikel 11.33 lid 6). Op basis van de resultaten van het onderzoek naar cumulatie kan de minister eventueel andere streefwaarden kiezen voor een geluidsgevoelig object (Wm artikel 11.30 lid 5).

Voor de saneringsobjecten wordt geen cumulatieberekening uitgevoerd (Memorie van toelichting bij de invoeringswet geluidproductieplafonds) indien “autonoom”, buiten een project als het onderhavige wordt gesaneerd volgens Wm afdeling 11.3.6 en als er een saneringsplan wordt opgesteld (Wm artikel 11.56). Bij gekoppelde sanering kan het wel vereist zijn om cumulatie van geluid te onderzoeken (Wm artikel 11.42 lid 3 stelt dat artikel 11.30 lid 5 over cumulatie van toepassing is).

Cumulatieberekeningen hebben alleen betrekking op geluid van wegen, andere spoorwegen, industrieterreinen en luchthavens (artikel 15 Rgm). Cumulatieberekeningen worden uitgevoerd volgens hoofdstuk 2 van Bijlage 1 bij het RMG2012.

Cumulatieberekeningen kunnen in bepaalde gevallen achterwege blijven (Wm artikel 11.33 lid 7 onder c). Dit is het geval als de geluidsbelasting onder de voorkeurswaarde

blijft (Rgm artikel 16 onder a) of als wordt voldaan aan de streefwaarde (het geluidniveau bij het geldende GPP; Rgm artikel 16 onder b). Tenslotte kan onderzoek naar de cumulatie achterwege blijven als de geluidsbelasting vanwege de andere geluidbronnen de voorkeurswaarde van die andere bronnen niet overschrijdt (Rgm artikel 16 onder c).

Doelmatigheidsafweging - te overwegen maatregelen

Bij de doelmatigheidsafweging worden alleen maatregelen overwogen, die zijn toegestaan voor gebruik bij het spoor. Deze maatregelen zijn (Rgm artikel 10 lid 1):

- Bronmaatregelen: raildempers
- Overdrachtsmaatregelen: geluidschermen, geluidwallen en geluidschermen tussen de sporen

Bij het wijzigen van een GPP worden in elk geval bronmaatregelen in overweging genomen. In de tweede plaats worden andere geluidbeperkende maatregelen in overweging genomen, al dan niet in combinatie met bronmaatregelen (Bgm artikel 33 lid 1).

Figuur I-3 *Een voorbeeld van de bronmaatregel raildempers. Dit zijn de zwarte rubberen blokken die in dit geval tegen de rails worden geklemd.*

Er bestaan randvoorwaarden voor het toepassen van maatregelen. Zo worden raildempers alleen toegepast op betonnen dwarsliggers en niet tegen wissels of voegen. Bovendien worden raildempers over een minimale afstand aangebracht die gelijk is aan tweemaal de afstand tussen de buitenste spoorstaaf en het dichtstbijzijnde geluidsgevoelige object (Rgm Bijlage 3 tabel 1). Bij geluidwallen kan het ruimtebeslag en de grondgesteldheid een rol spelen (Rgm Bijlage 3 tabel 2). Schermen tussen de sporen kunnen uiteraard niet bij wissels worden toegepast (Rgm Bijlage 3 tabel 2).

Tenslotte wordt afgewogen of het aanpassen en vervangen van een spoorbrug doelmatig is op basis van de werkelijke kosten (Bgm artikel 31 lid 5 en Rgm artikel 10 lid 2).

Doelmatigheidsafweging - clusters objecten

De doelmatigheidsafweging wordt toegepast op clusters van geluidsgevoelige objecten (Bgm artikel 31 lid 1). Een cluster wordt samengesteld uit objecten die zo dicht bij elkaar in de buurt liggen, dat ze kunnen profiteren van een aaneengesloten

geluidmaatregel (Bgm artikel 1). In de toelichting bij het Bgm (Staatsblad 2012 163) is toegelicht hoe clusters in de praktijk worden gekozen. Daarbij spelen twee overwegingen een rol.

In de eerste plaats is kenmerkend voor een cluster dat alle geluidsgevoelige objecten daarbinnen voordeel hebben bij dezelfde geluidbeperkende maatregel en dat maatregelen getroffen worden waar ze werkelijk nodig zijn. Voorkomen wordt dat bij de beoordeling van de doelmatigheid van de geluidbeperkende maatregelen geluidsgevoelige objecten worden meegenomen die geen of slechts een verwaarloosbaar effect van de beoogde maatregelen ondervinden. Om clusters samen te stellen wordt daarom gebruik gemaakt van de zichthoeken waaronder de geluidsgevoelige objecten de infrastructuur en de geluidmaatregelen als het ware “zien”.

In de tweede plaats worden de clusters zodanig gekozen dat de woningdichtheid binnen een cluster overal ongeveer gelijk is. Deze methodiek wordt vooral toegepast op locaties waar geluidsgevoelige objecten met een relatief hoge dichtheid direct grenzen aan een gebied met meer verspreid liggende woningen. In dat geval worden eerst voor de clusters met de hoogste dichtheden van geluidsgevoelige objecten de doelmatige geluidbeperkende maatregelen bepaald. Met deze maatregelen als uitgangspunt kan vervolgens voor de clusters met lagere dichtheden bekeken worden welke geluidbeperkende maatregelen aanvullend doelmatig zijn.

Een cluster kan ook bestaan uit één geluidsgevoelig object. Dat kan voorkomen in het buitengebied.

Doelmatigheidsafweging - maatregelafweging

Overschrijding van de streefwaarde bij wijziging van een GPP is toegestaan als geluidbeperkende maatregelen financieel niet doelmatig zijn. De manier waarop deze doelmatigheidsafweging moet worden uitgevoerd is wettelijk vastgelegd (Wm artikel 11.29 lid 4). De uitwerking van het doelmatigheidscriterium is opgenomen in het Bgm en de Rgm.

Bij het maken van een doelmatigheidsafweging wordt altijd uitgegaan van de minimale akoestische kwaliteit (Bgm artikel 7 lid 2), ook al is het binnen het project niet nodig de spoorconstructie te vervangen. Dit kan een afzonderlijke berekening vergen.

De doelmatigheidsafweging gebeurt op grond van de volgende zes regels:

regel 1. Er hoeven nooit meer maatregelen getroffen te worden dan nodig om de geluidsbelasting op een geluidsgevoelig object terug te brengen tot de streefwaarde (Wm artikel 11.30 lid 2).

regel 2. Er hoeven nooit meer maatregelen getroffen te worden dan mogelijk is op basis van het beschikbare budget (Bgm artikel 31 lid 1).

regel 3. Als een uitbreiding van een maatregel niet veel extra geluidreductie oplevert, hoeft deze uitbreiding niet gerealiseerd te worden, ook al wordt met de uitbreiding voldaan aan regel 1 en 2 (Bgm artikel 31 lid 2 onder c).

regel 4. Een bestaand scherm hoeft onder bepaalde voorwaarden niet afgebroken te worden om plaats te maken voor een ander scherm (Bgm artikel 31 lid 3).

regel 5. Afscherming wordt alleen toegepast als deze, al dan niet in combinatie met een bronmaatregel, een afname van de geluidsbelasting oplevert van ten minste 5 dB op ten minste één geluidsgevoelig object oplevert (Bgm artikel 33 lid 2)[14].

regel 6. Daarnaast geldt als algemeen uitgangspunt dat als meerdere maatregelen mogelijk zijn op grond van regel 1, 2, 4 of 5, een maatregel niet doelmatig is als deze een kleinere geluidreductie oplevert dan een andere maatregel. Met andere woorden, de maatregel met de hoogste geluidreductie verdient de voorkeur (Bgm artikel 31 lid 2 onder a en b; Bgm artikel 33 lid 1). Als geluidreductie telt alleen de reductie boven de streefwaarde mee (Bgm artikel 34).

Toelichting op regel 2 - algemeen
Bij de toepassing van het doelmatigheidscriterium wordt gewerkt met maatregelpunten - die kunnen worden gezien als een maat voor de kosten van maatregelen - en reductiepunten - die kunnen worden gezien als een budget voor maatregelen.

Een maatregel of combinatie van maatregelen is volgens regel 2 doelmatig indien het aantal maatregelpunten van de maatregel niet hoger is dan het beschikbare aantal reductiepunten van het cluster. Als binnen het budget aan reductiepunten verschillende maatregelen mogelijk zijn, is de maatregel die de grootste totale geluidreductie tot gevolg heeft de maatregel die in beginsel wordt geadviseerd.

De geluidreductie van een maatregel is het verschil tussen de toekomstige geluidsbelasting zonder maatregelen en de toekomstige geluidsbelasting met maatregelen.

Bij het afwegen van maatregelen wordt altijd de mogelijkheid van een bronmaatregel onderzocht (raildempers), tenzij dat om technische redenen niet aangebracht kan worden. Dat is in overeenstemming met het algemene principe van het milieubeleid dat bronmaatregelen de voorkeur hebben boven maatregelen die de overdracht beperken of maatregelen bij de ontvanger. Een bronmaatregel heeft naar twee zijden van het spoor effect en veroorzaakt geen visuele hinder, zoals bij een geluidscherm wel kan voorkomen.

Toelichting op regel 2 - reductiepunten

Het aantal reductiepunten op een geluidsgevoelig object is afhankelijk van de toekomstige geluidsbelasting in de situatie zonder maatregelen op het geluidsgevoelige object (Bgm artikel 32, lid 2), maar met toepassing van de minimale akoestische kwaliteit.

De reductiepunten voor een woning zijn opgenomen in het Bgm tabel 1 van bijlage 1. Voor andere geluidsgevoelige objecten wordt een omrekening naar woningen gemaakt (Bgm artikel 32 lid 3); voor grote geluidsgevoelig gebouwen zoals ziekenhuizen of scholen telt elke 15 strekkende meter geluidbelaste gevel per bouwlaag voor één woning. Een woonwagenstandplaats en een ligplaats voor een woonschip telt voor één woning.

[14] Naar analogie van de doelmatigheidsregeling in het kader van de Wet geluidhinder wordt ook aan regel 5 voldaan als het effect van 5 dB op een lagere gelegen bouwlaag wordt gevonden.

Het aantal reductiepunten voor een cluster wordt bepaald door het aantal geluidsgevoelige objecten in het cluster, en door de hoogte van de geluidsbelasting in de (soms denkbeeldige) situatie waarin in het geheel geen geluidmaatregelen aanwezig zijn. Daarbij worden alle reductiepunten van de objecten binnen een cluster bij elkaar opgeteld (Bgm artikel 32 lid 1)

Voorbeelden:
- Een woning met een geluidsbelasting van 65 dB krijgt 3.600 reductiepunten.
- Een groep van 10 woningen met een geluidsbelasting van 65 dB krijgt 10x3.600 reductiepunten, dus in totaal 36.000 reductiepunten.

Toelichting op regel 2 - maatregelpunten

De kosten van maatregelen worden uitgedrukt in “maatregelpunten” (Bgm artikel 31 lid 4 en lid 5; Rgm artikel 11 lid 1). Ook de maatregelpunten worden bepaald ten opzichte van de situatie zonder maatregelen (Rgm artikel 11 lid 2) en zijn dus inclusief de maatregelpunten van bestaande maatregelen. De maatregelpunten zijn voor een raildemper opgenomen per strekkende meter enkel spoor. De maatregelpunten van geluidschermen en -wallen zijn afhankelijk van de hoogte ervan ten opzichte van de bovenkant van de spoorstaaf (Rgm artikel 11 lid 3)

Het aantal maatregelpunten van een maatregel is afhankelijk van de soort maatregel en de afmetingen. De maatregelpunten zijn opgenomen in tabel 1 en tabel 2 van bijlage 3 van de Rgm.

Voorbeelden:
- Een raildemper heeft 29 maatregelenpunten per meter enkel spoor
- Een geluidscherm van 2 meter hoog heeft 92 maatregelenpunten per strekkende meter.

Toelichting op regel 3
Het budget aan reductiepunten wordt niet per definitie helemaal besteed. Er kan met een goedkopere maatregel worden volstaan als een uitgebreidere maatregel niet veel extra geluidreductie oplevert.

De geluidreductie van een maatregel is het verschil tussen de situatie zonder maatregelen en met maatregelen (Bgm artikel 34 lid 1). De geluidreductie wordt berekend tot aan de geldende streefwaarde (Bgm artikel 34 lid 2).

In de toelichting bij artikel 31 van het Bgm staat dat dit artikel gericht is op een situatie dat met het aantal beschikbare reductiepunten bijna iedere denkbare maatregel gerealiseerd kan worden. Dat kan optreden in stedelijk gebied met dichte bebouwing, of bij een groot flatgebouw. In dat geval wordt per situatie beoordeeld wat ‘niet veel extra’ geluidreductie is. Het dient daarbij doorgaans te gaan om een alternatieve maatregel die een geluidreductie moet realiseren van ten minste 95 % van de geluidreductie van de maximale maatregel.

Toelichting op regel 4
Een bestaand scherm hoeft onder bepaalde voorwaarden niet te worden afgebroken. De voorwaarden hierbij zijn dat het bestaande scherm niet ouder is dan 10 jaar, niet

ophoogbaar is en als het een geluidreductie realiseert die vrijwel gelijk is aan de nieuw te treffen maatregel.

Toelichting op regel 5
Geluidschermen en –wallen hebben ook nadelen voor de bewoners, omdat zij het uitzicht kunnen belemmeren. Daarom wordt afscherming alleen toegepast als die, al dan niet in combinatie met raildempers, een afname van de geluidsbelasting[15] oplevert van ten minste 5 dB op tenminste één geluidsgevoelig object in een cluster. Een geluidreductie van 5 dB is goed hoorbaar, waarmee het visuele nadeel van afscherming wordt gecompenseerd.

Doelmatigheidsafweging - berekeningsresultaten

Zoals blijkt uit de vorige paragraaf is voor het bepalen van de doelmatige maatregelen veel rekenwerk nodig. Dit is vooral het geval als er veel woningen betrokken zijn bij de doelmatigheidsafweging en als veel maatregelvarianten zijn bekeken. Bovendien kan een extra berekening nodig zijn met de minimale akoestische kwaliteit. Hieruit volgen omvangrijke tabellen met resultaten uit de berekeningen. De tussenresultaten van het rekenwerk zijn daarom niet opgenomen in dit rapport. De resultaten zijn op verzoek bij ProRail te verkrijgen. De eindresultaten zijn wel opgenomen en samengevat bij de afweging per cluster.

Berekening van de geluidproductie op de referentiepunten

Het voorliggend akoestisch onderzoek is gericht op de geluidsbelasting op geluidsgevoelige objecten. Het onderzoek voor een wijziging van een GPP moet ook een berekening bevatten van de geluidproductie op elk betrokken referentiepunt (Wm artikel 11.33 lid 2).
De berekeningen van de geluidproductie op de referentiepunten worden uitgevoerd door ProRail, als beheerder van de spoorlijn (Wm artikel 11.33 lid 5).

Bij een spoorproject is het daarom van belang om te beoordelen of het project uitstralingseffecten heeft naar plafondpunten die niet direct langs het traject liggen waar de infrastructuur gewijzigd wordt of waar een groei van het verkeer optreedt.

Binnenwaarde

Na het onherroepelijk worden van het besluit over wijziging van een of meerdere GPP's wordt onderzocht of er geluidwerende maatregelen aan de gevel van de geluidsgevoelige objecten getroffen moeten worden om te voldoen aan de binnenwaarde. Dit onderzoek vindt alleen plaats bij objecten waar na uitvoering van het project niet aan de streefwaarden wordt voldaan.

Deze geluidwerende maatregelen worden getroffen ten behoeve van de geluidsgevoelige ruimten in het object. Geluidsgevoelige ruimten binnen woningen zijn ruimten die gebruikt worden als slaapkamer, woonkamer, eetkamer of keuken met een oppervlak van tenminste 11 m^2 (Bgm artikel 3 onder a). Ook voor andere geluidsgevoelige objecten zijn de geluidsgevoelige ruimten omschreven (Bgm artikel 3 onder b, c en d). Dat zijn onder andere leslokalen in onderwijsgebouwen, behandelingsruimten in ziekenhuizen en conversatieruimten in verzorgingstehuizen.

Voor de geldende binnenwaarde wordt onderscheid gemaakt tussen niet-saneringsobjecten, saneringsobjecten en objecten onder de stad-en-milieubenadering.

[15] Gezien de voorgeschiedenis van de doelmatigheidsafweging interpreteren wij de term "afname van de geluidsbelasting" als "geluidsreductie op een plaats op de gevel van één woning binnen een cluster". In de "Regeling doelmatigheid geluidmaatregelen" – die sinds 2009 geldt en die nog steeds toepasselijk is voor spoorprojecten buiten de Wet milieubeheer – wordt immers gesproken over "geluidsreductie" in plaats van over "afname van de geluidsbelasting".

Als de streefwaarde voor een niet-saneringsobject niet wordt overschreden, bijvoorbeeld doordat maatregelen zijn getroffen, worden geen geluidwerende maatregelen aan de gevel getroffen (Wm artikel 11.38 lid 1). Als dat wel het geval is, en de binnenwaarde wordt overschreden, dienen de geluidwerende maatregelen binnen twee jaar nadat het besluit onherroepelijk is geworden getroffen te worden. Daarbij dient de binnenwaarde binnen de geluidsgevoelige ruimten minstens 3 dB lager te zijn dan de wettelijke binnenwaarde (Wm artikel 11.38 lid 2).

De wettelijke binnenwaarde is afhankelijk van de ouderdom van het object. Daarbij geldt het jaar waarin een bouwvergunning is afgegeven als toetsmoment. Als de bouwvergunning voor 1982 is afgegeven, bedraagt de wettelijke binnenwaarde 41 dB. Als de bouwvergunning in 1982 of daarna is afgegeven, is de wettelijke binnenwaarde 36 dB. Een uitzondering is de situatie waarin de spoorlijn in gebruik is genomen na 1 juli 1987. Dan geldt voor alle objecten een wettelijke binnenwaarde van 36 dB (Wm artikel 11.2).

Voor de saneringobjecten geldt dat gevelwerende maatregelen worden getroffen als de streefwaarde voor saneringsobjecten van 65 dB wordt overschreden en bovendien de binnenwaarde wordt overschreden (Wm artikel 11.42 lid 4 en artikel 11.64 lid 1). Ook voor deze objecten moeten de maatregelen binnen twee jaar na het onherroepelijk worden van het besluit getroffen zijn (Wm artikel 11.42 lid 5). Daarbij dient de binnenwaarde binnen de geluidsgevoelige ruimten minstens 3 dB lager te zijn dan de wettelijke binnenwaarde. Die wettelijke binnenwaarde is hetzelfde als voor niet-saneringsobjecten (zie vorige alinea).

Voor de objecten die vallen onder de stad-en-milieubenadering gelden geen normen voor de binnenwaarden. Voor deze woningen hoeven geen gevelwerende maatregelen getroffen te worden (Wm artikel 11.40).

Eerdere besluiten

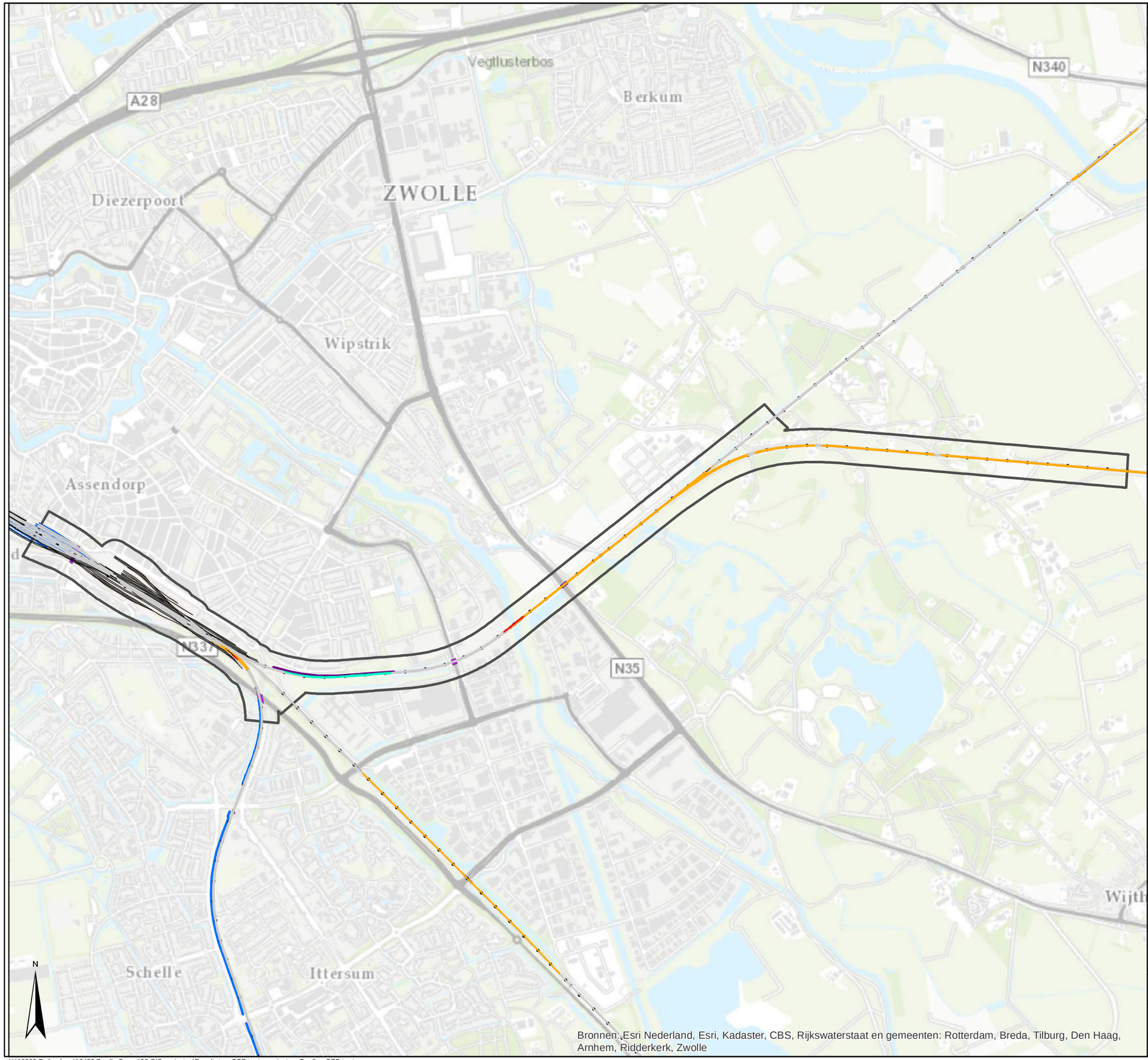
Bij het vaststellen van het geluidregister is geen rekening gehouden met tracébesluiten die nog niet onherroepelijk waren op 1 juli 2012. Pas na het onherroepelijk worden van zo een TB worden de geluidproductieplafonds van deze spoortrajecten vervangen door geluidproductieplafonds berekend op basis van het bedoelde besluit. Dit is opgenomen in de Invoeringswet geluidproductieplafonds artikel XI, lid 3. Soortgelijke bepalingen gelden voor nieuwe spoorlijnen (artikel XI, lid 4), of maatregelbesluiten die nog niet onherroepelijk waren op 1 juli 2012 (artikel XI, lid 5).

Overigens hebben andere eerdere besluiten, zoals hogere waarde besluiten op grond van de Wet geluidhinder, geen rechtskracht meer onder de Wet milieubeheer.

Bijlage II – Bovenbouw geluidregister en toekomst

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat de figuren met de bovenbouw zoals aanwezig in het geluidregister en zoals deze na uitvoering van het project aanwezig zal zijn. De eerste figuur betreft een overzichtskaart. Daarna wordt er ingezoomd op 4 deelgebieden. De eerste 5 figuren betreffen de bovenbouw uit het register. Daarna wordt de toekomstige bovenbouw getoond in 5 figuren.



Legenda

Bovenbouw geluidregister

- 0 geen int
- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Saneringsscherm register

- Saneringsscherm register

Perrons

- Perrons

Overkapping

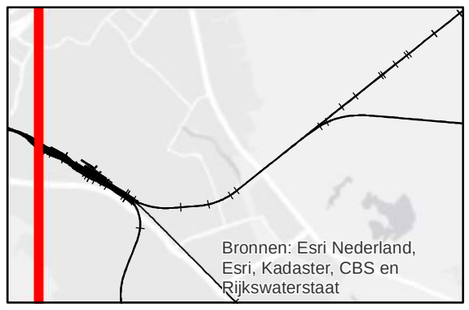
- Overkapping

Bruggen register

- Bruggen register

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw geluidregister

Overzicht

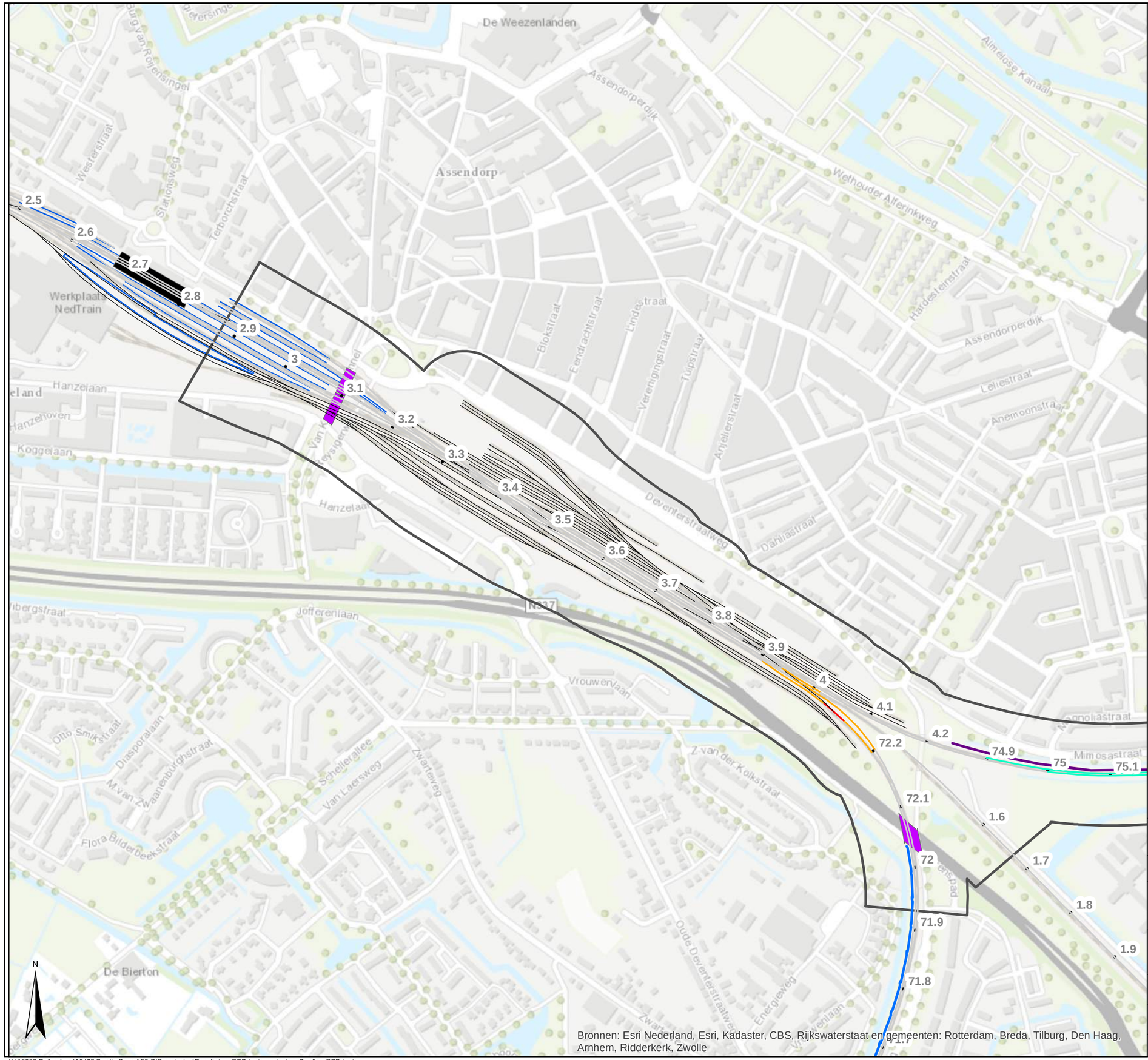
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 18500

0 460 920 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw geluidregister

- 0 geen int
- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Saneringsscherm register

- Saneringsscherm register

Perrons

- Perrons

Overkapping

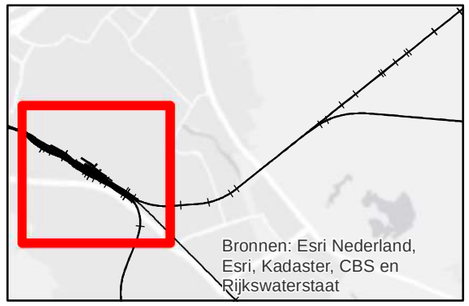
- Overkapping

Bruggen register

- Bruggen register

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw geluidregister

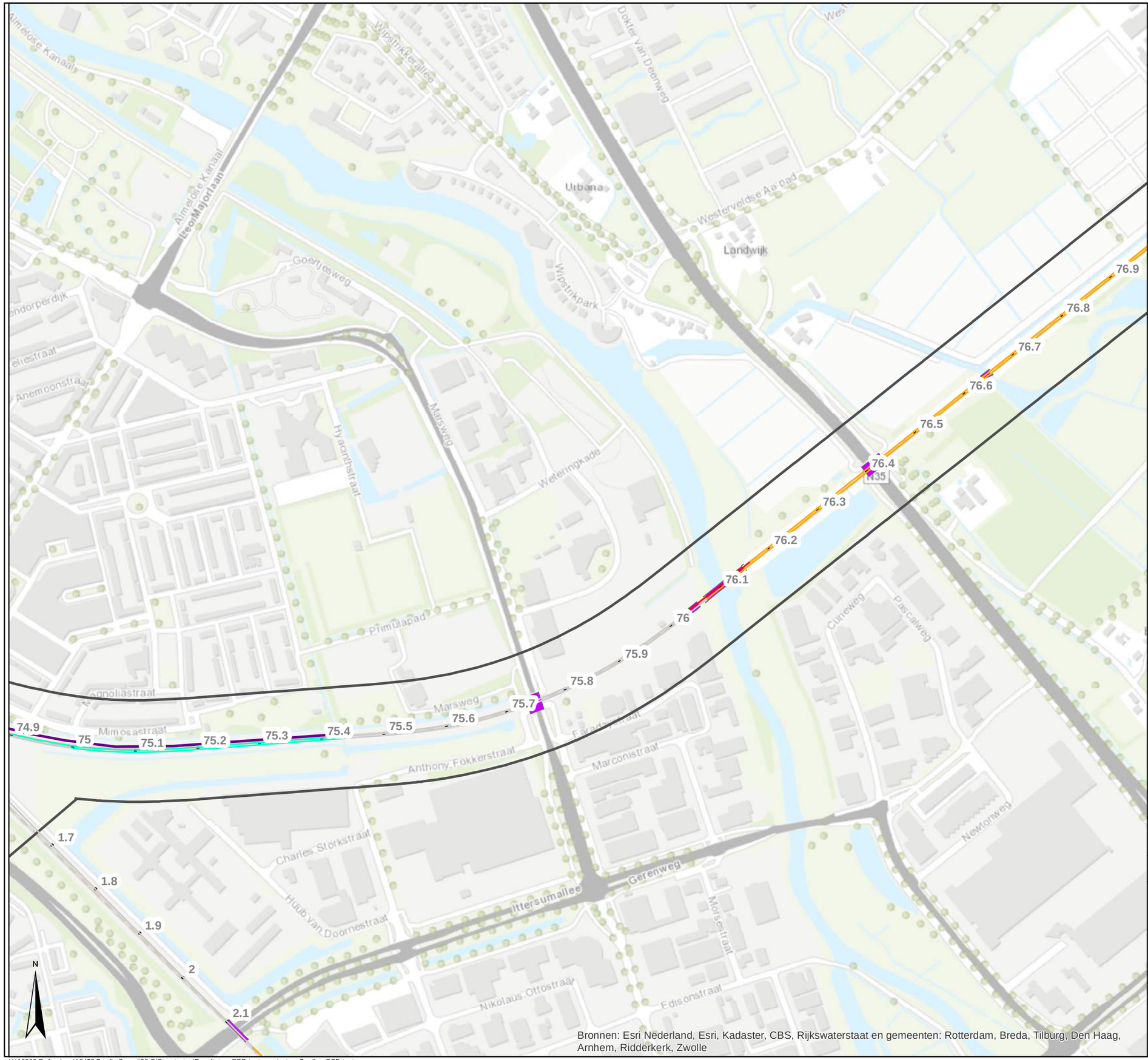
Zwolle Station - Zwolle Goederen aansluiting

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw geluidregister

- 0 geen int
- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Saneringsscherm register

- Saneringsscherm register

Perrons

- Perrons

Overkapping

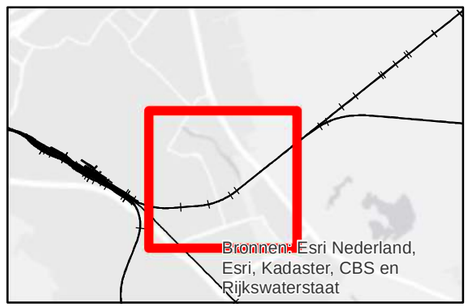
- Overkapping

Bruggen register

- Bruggen register

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw geluidregister

Zwolle Goederen aansluiting - Herfte aansluiting

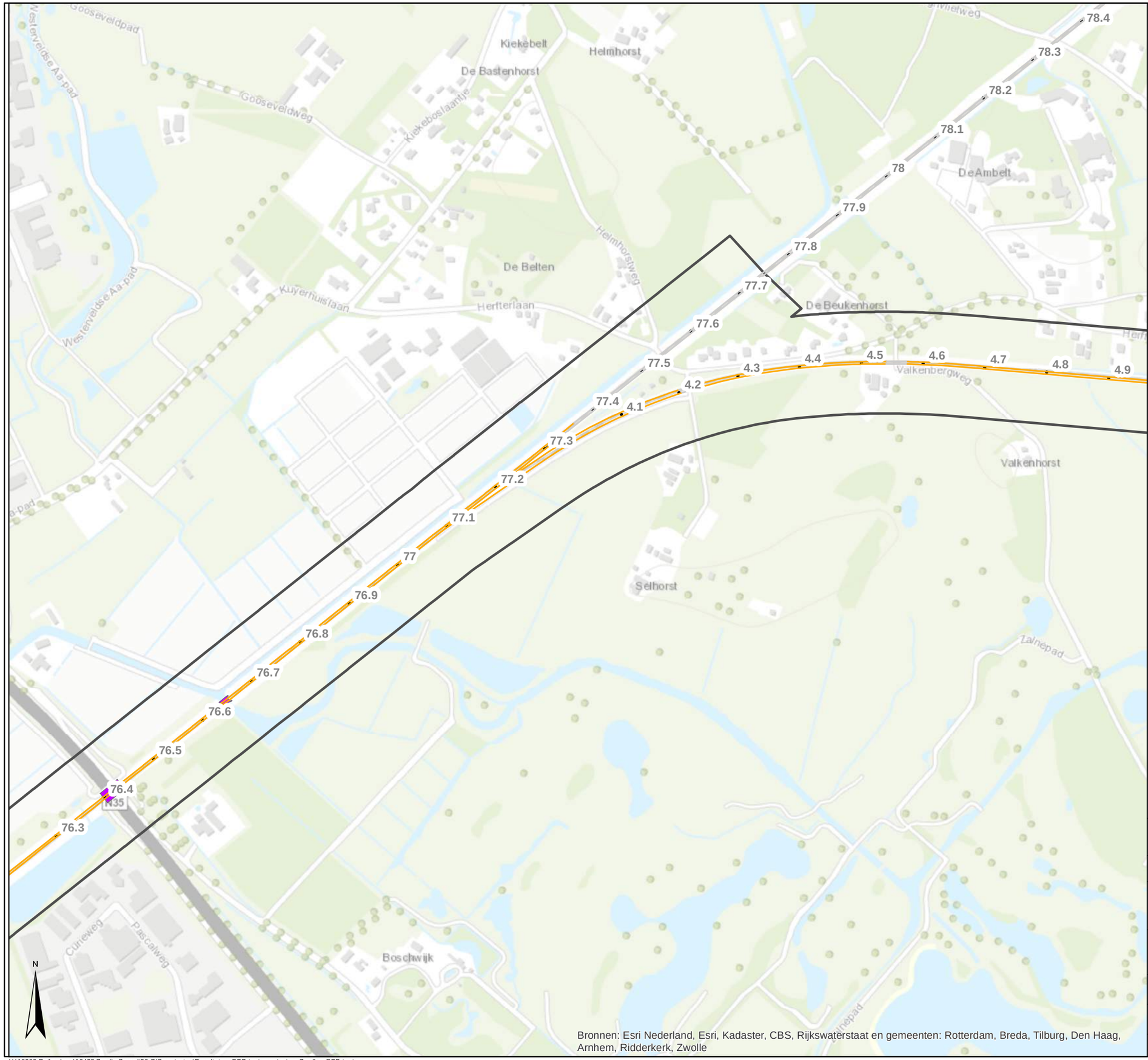
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw geluidregister

- 0 geen int
- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Saneringsscherm register

- Saneringsscherm register

Perrons

- Perrons

Overkapping

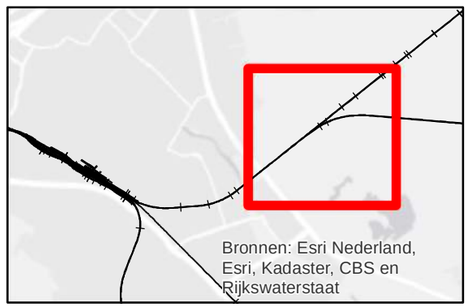
- Overkapping

Bruggen register

- Bruggen register

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw geluidregister

Herfte aansluiting

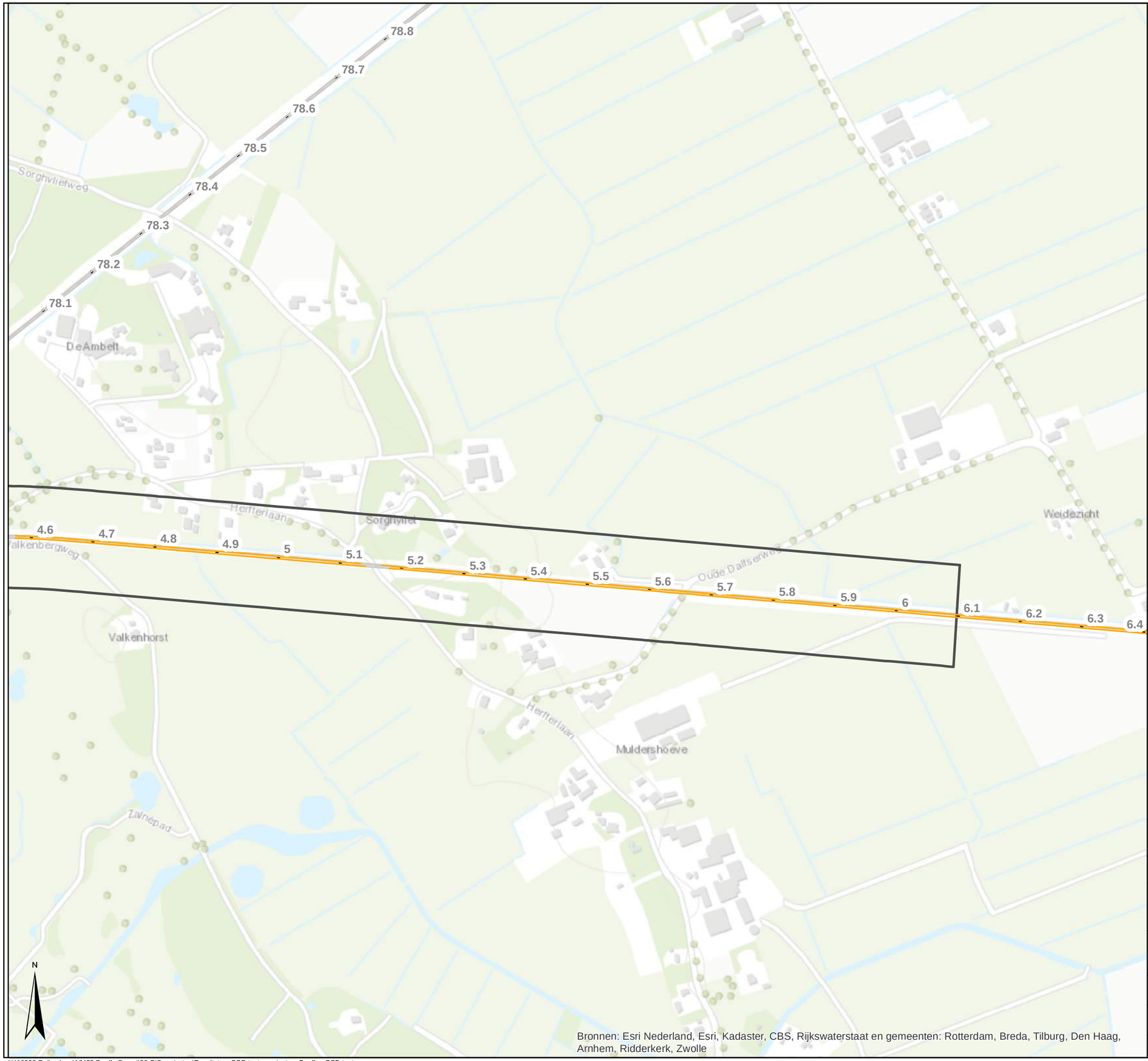
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw geluidregister

- 0 geen int
- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Saneringsscherm register

- Saneringsscherm register

Perrons

- Perrons

Overkapping

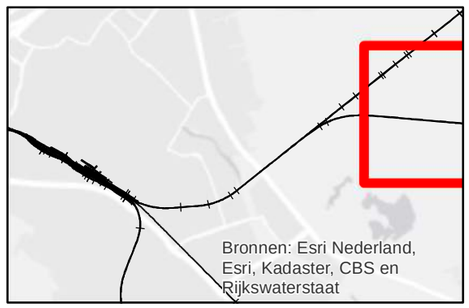
- Overkapping

Bruggen register

- Bruggen register

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw geluidregister

Richting Emmen

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

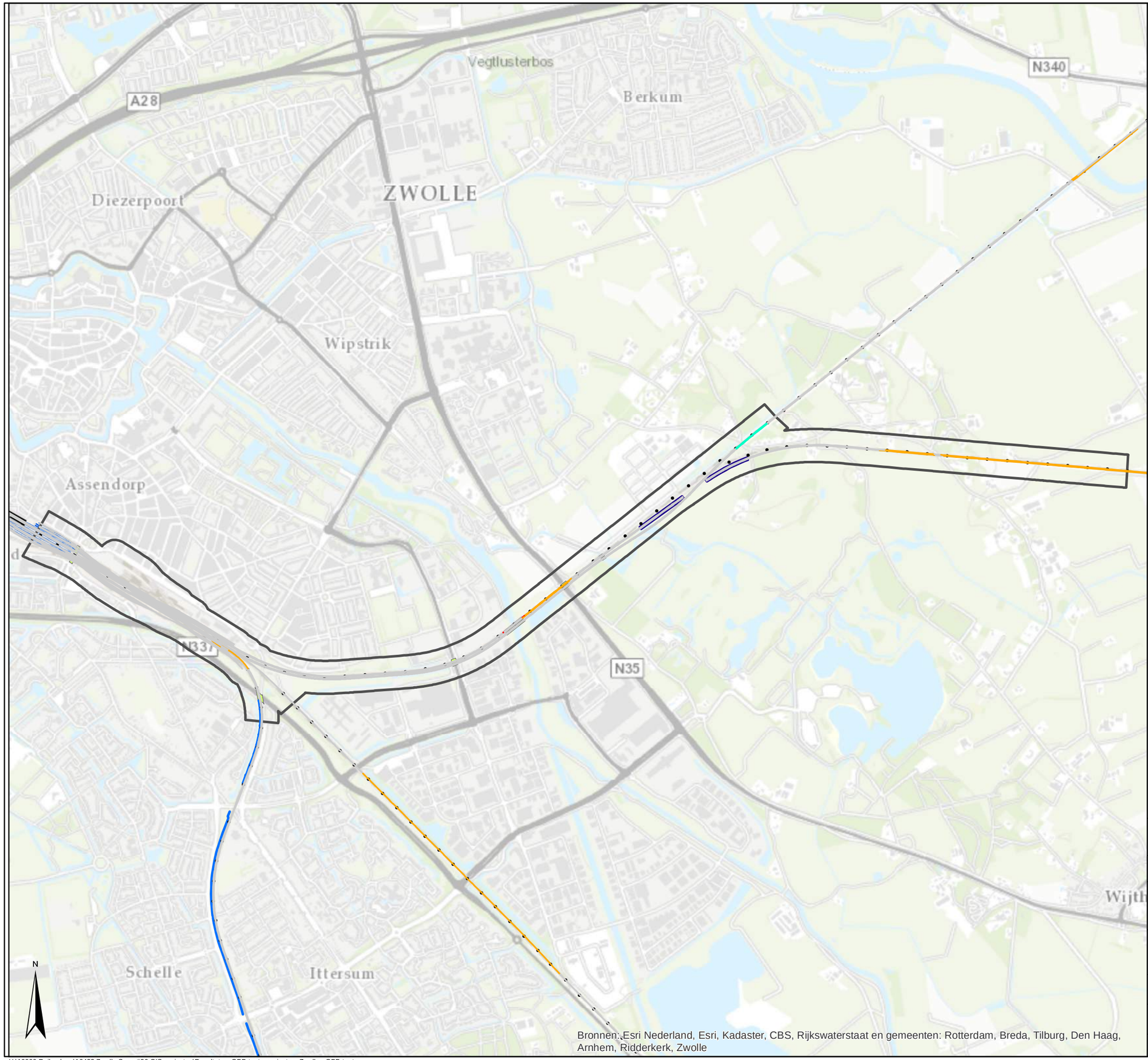
0 150 300 m

Status	Vrijgave

Doc.nr.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Legenda

Bovenbouw toekomstige sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Perrons

- Perrons

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

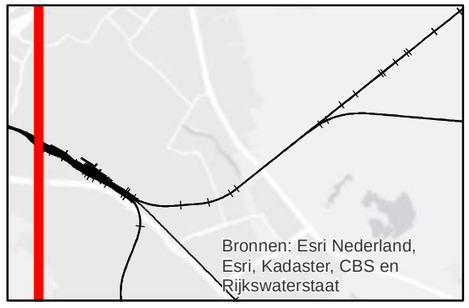
- Overkapping

Bruggen toekomst

- Bruggen toekomst

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw toekomst

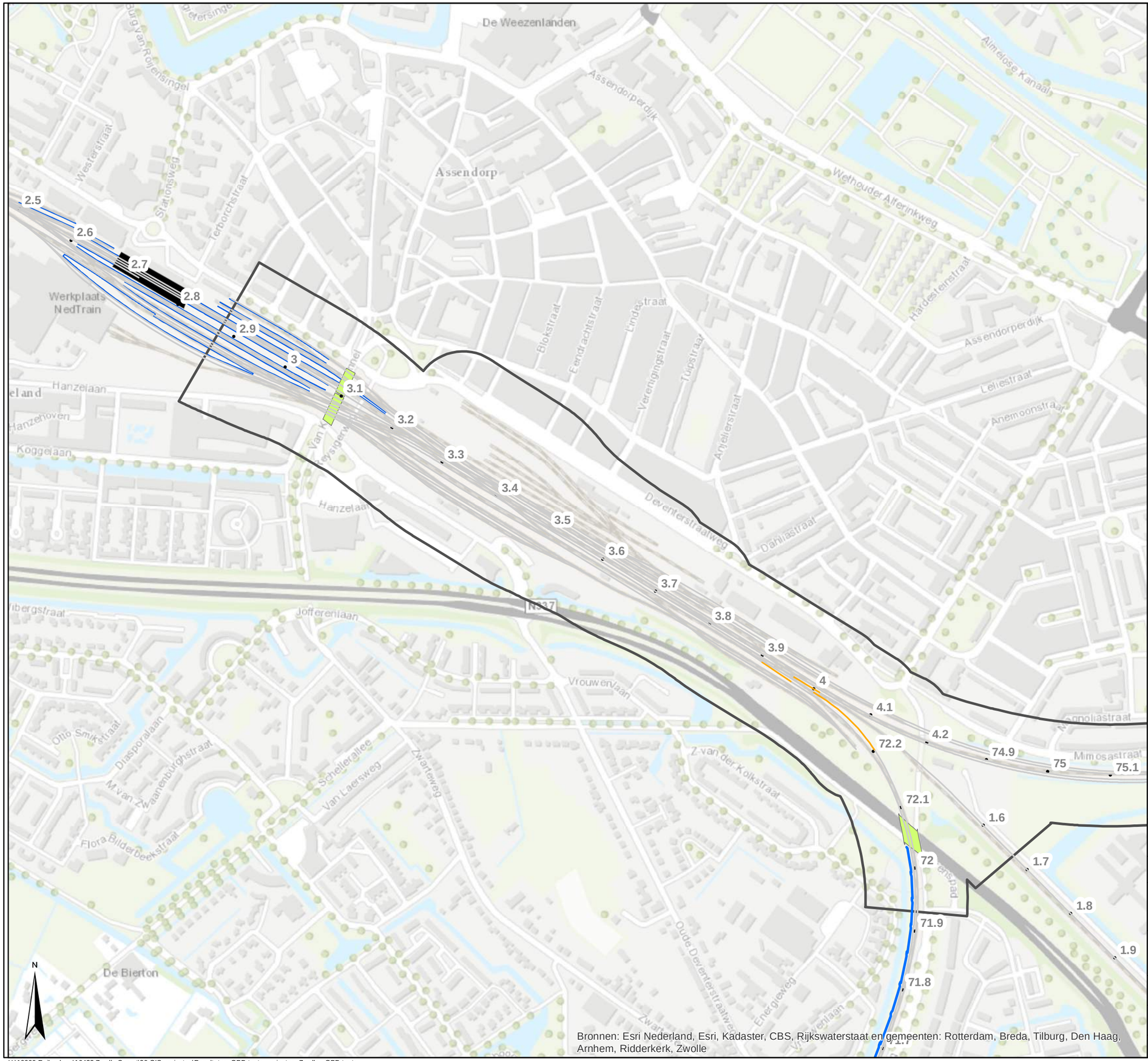
Overzicht

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 18500

0 460 920 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Legenda

Bovenbouw toekomstige sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Perrons

- Perrons

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

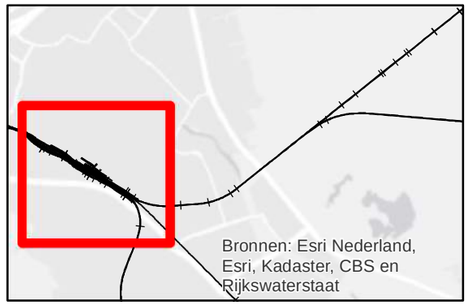
- Overkapping

Bruggen toekomst

- Bruggen toekomst

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw toekomst

Zwolle Station - Zwolle Goederen aansluiting

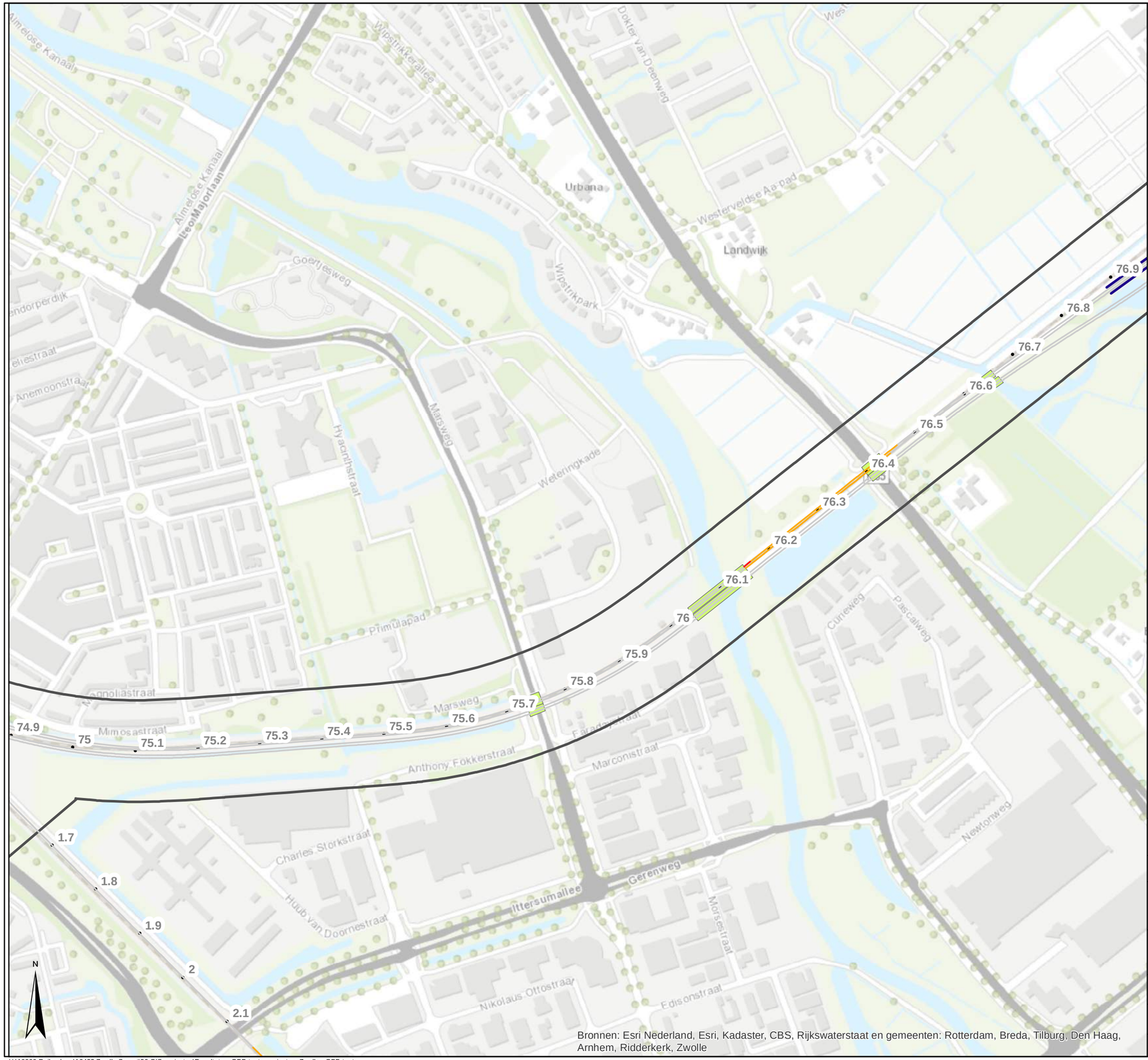
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave

Doc.nr.

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw toekomstige sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Perrons

- Perrons

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

- Overkapping

Bruggen toekomst

- Bruggen toekomst

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw toekomst

Zwolle Goederen aansluiting - Herfte aansluiting

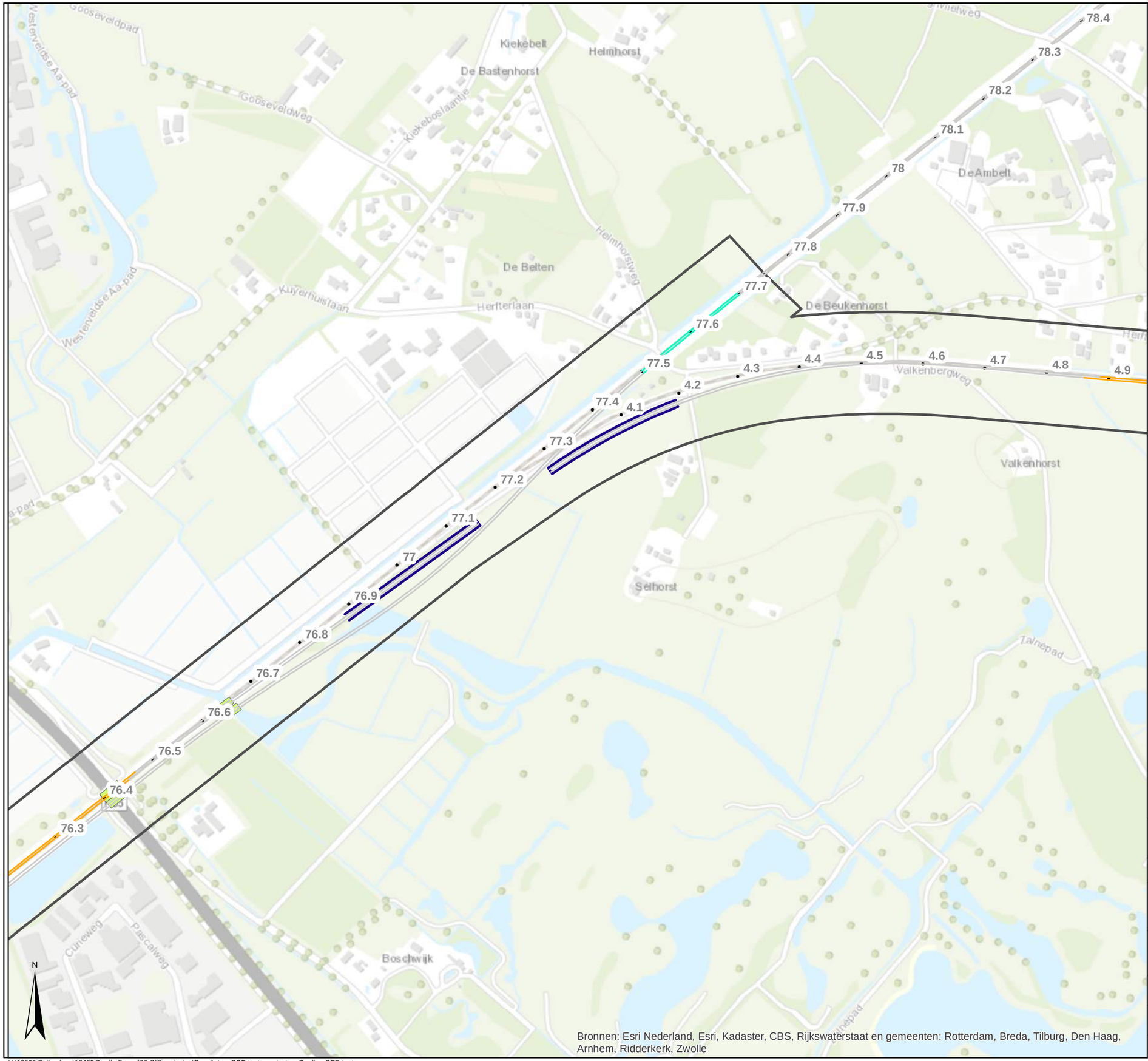
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw toekomstige sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Perrons

- Perrons

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

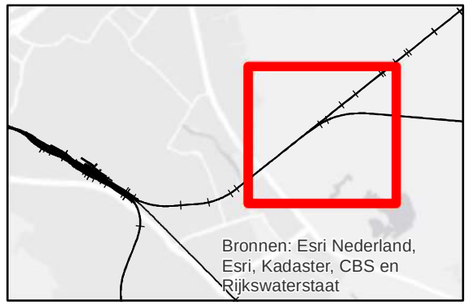
- Overkapping

Bruggen toekomst

- Bruggen toekomst

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw toekomst

Herfte aansluiting

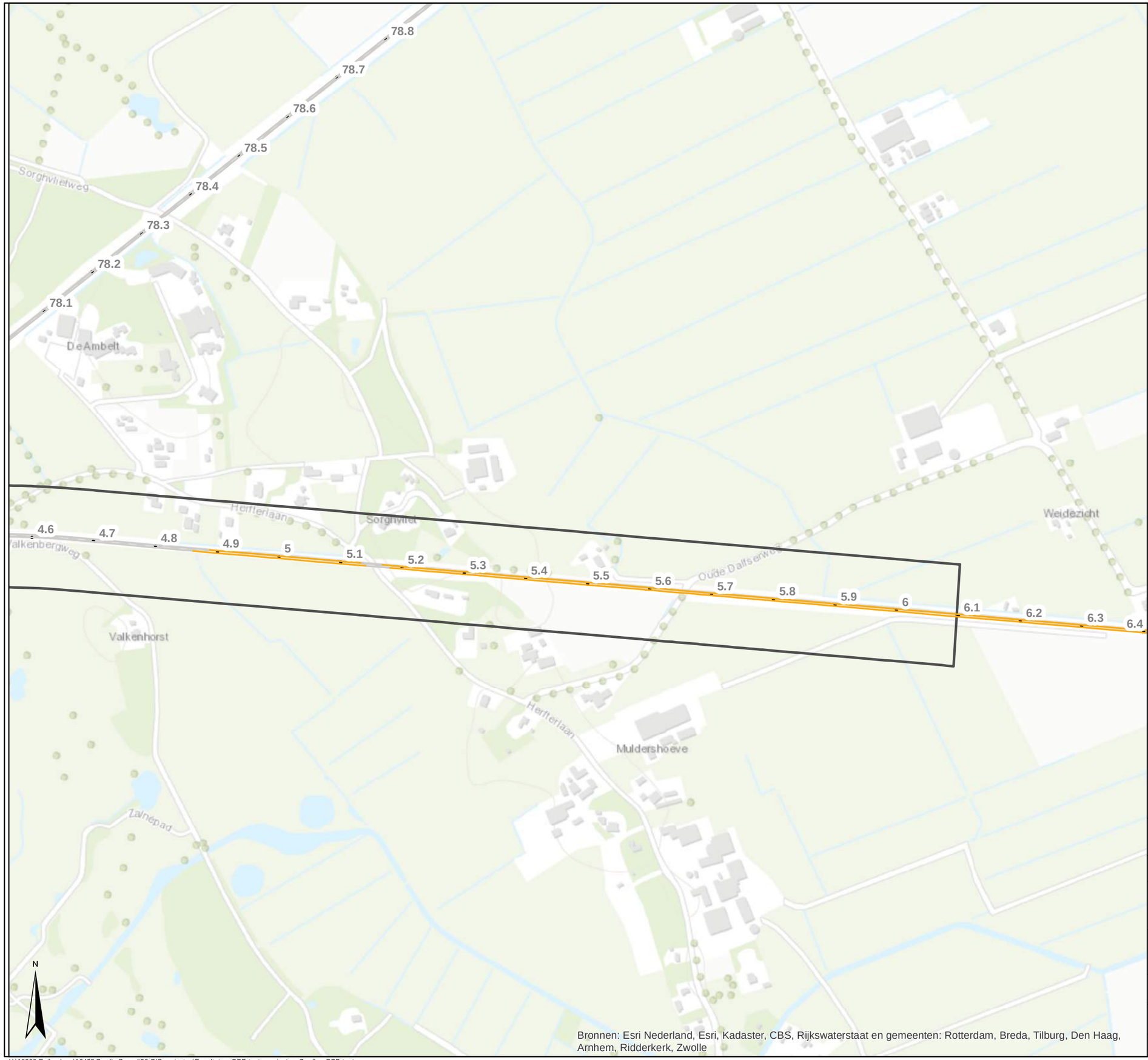
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Bovenbouw toekomstige sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Perrons

- Perrons

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

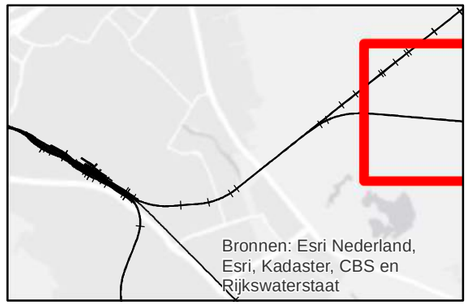
- Overkapping

Bruggen toekomst

- Bruggen toekomst

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Bovenbouw toekomst

Richting Emmen

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

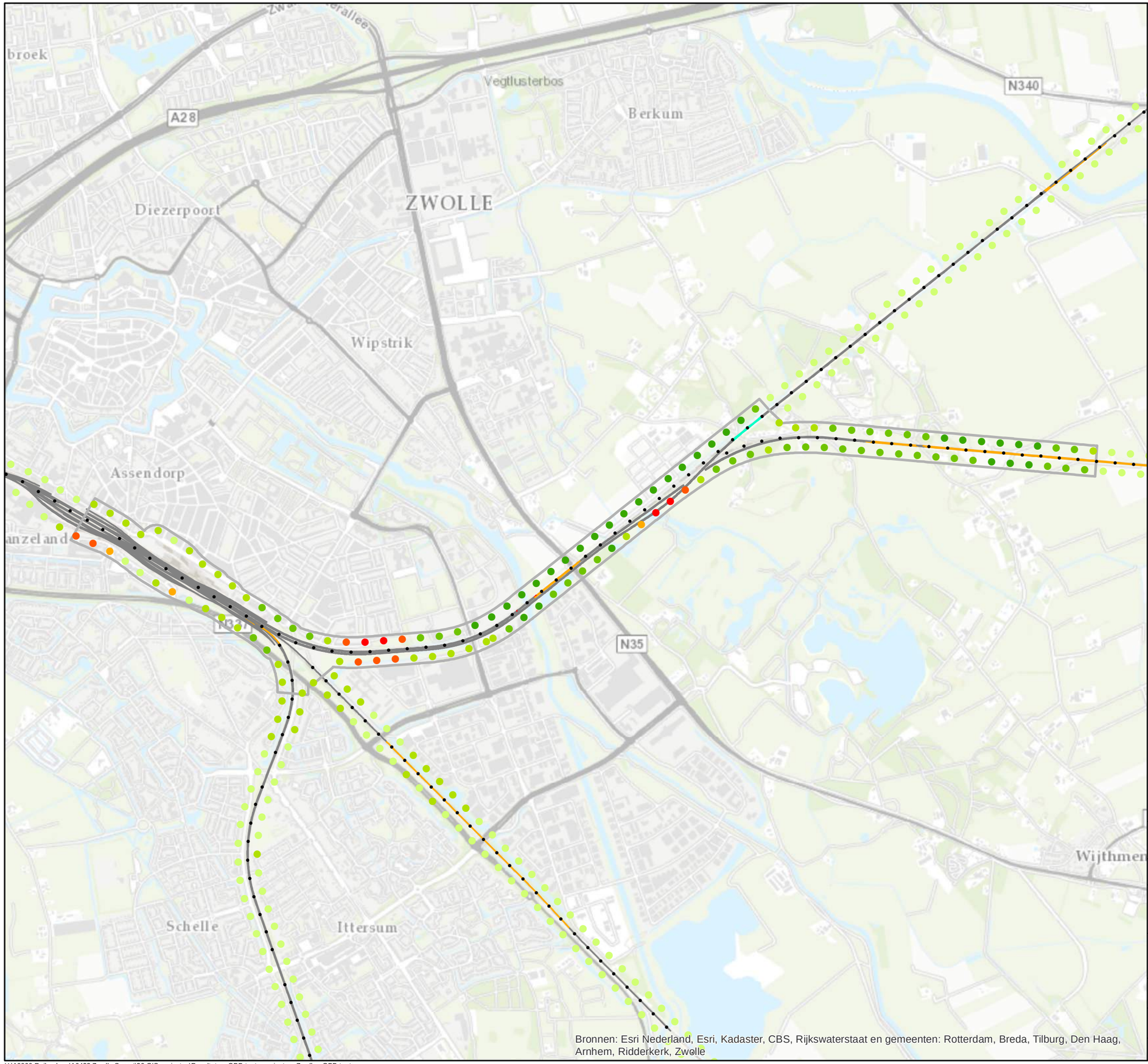
H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.

Bijlage III – Resultaten GPP-toets

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat de figuren met de GPP-toets. Eerst wordt een overzicht gegeven van het gehele studiegebied, Daarna is er ingezoomd op 4 deelgebieden waarbij ook de mate van onder- of overschrijding te zien is.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

N

Movares

Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

Overzicht

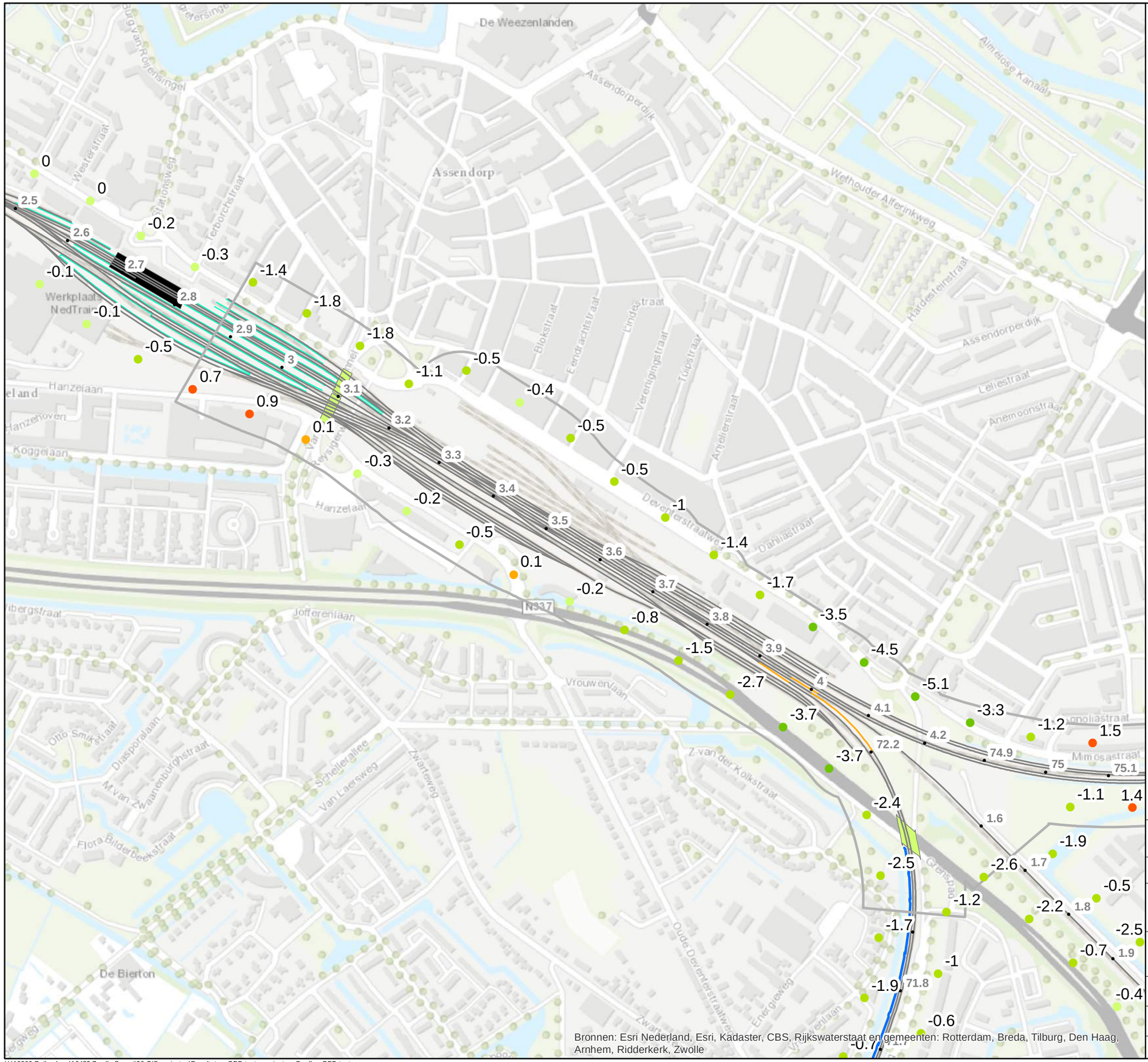
Auteur	T. Meeuws	Datum	25-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 20000

0 500 1 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

- Overkapping

Bruggen

- Bruggen

Perrons

- Perrons

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

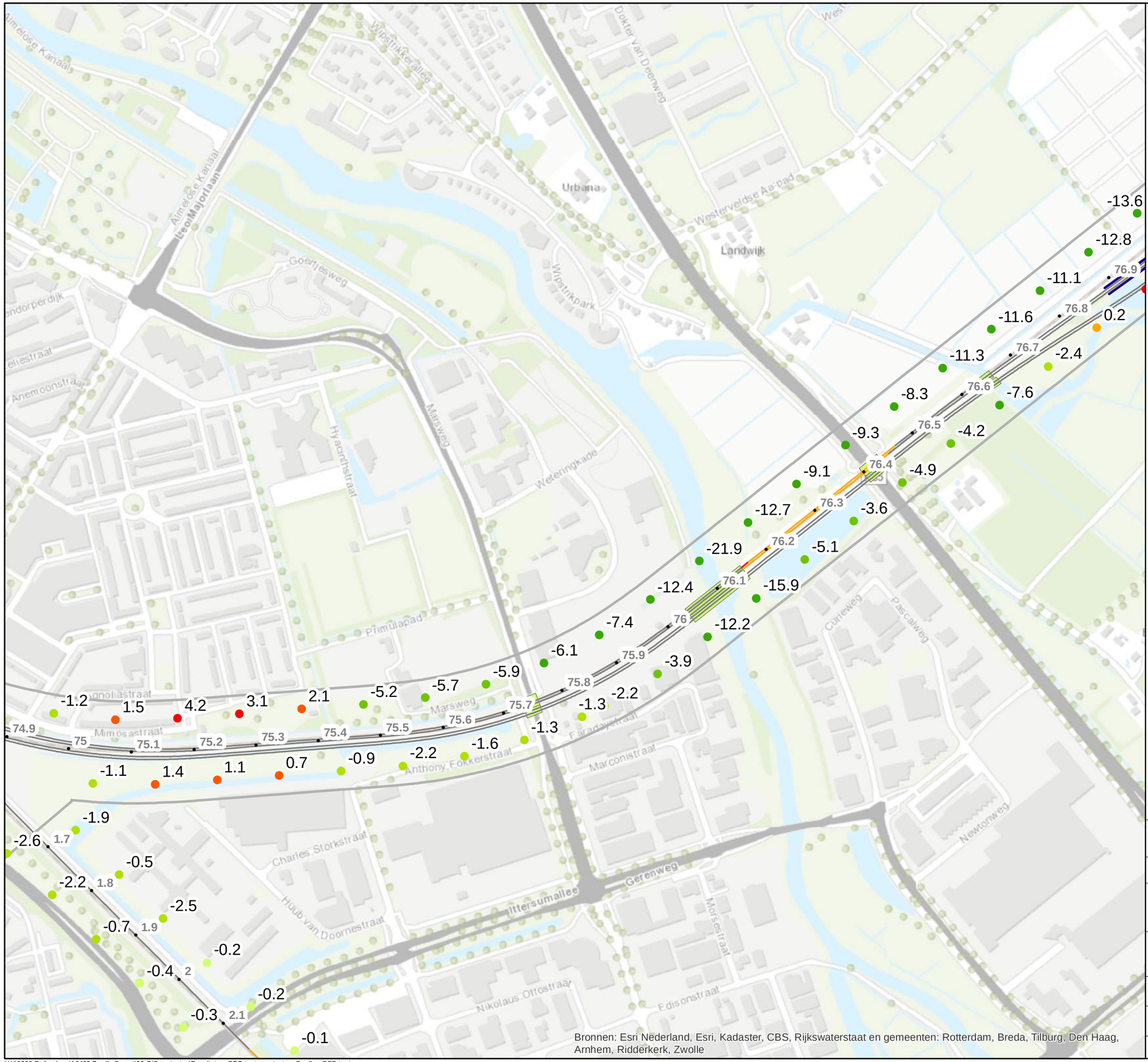
Zwolle Station - Zwolle Goederen aansluiting

Auteur	T. Meeuws	Datum	25-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

- Overkapping

Bruggen

- Bruggen

Perrons

- Perrons

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

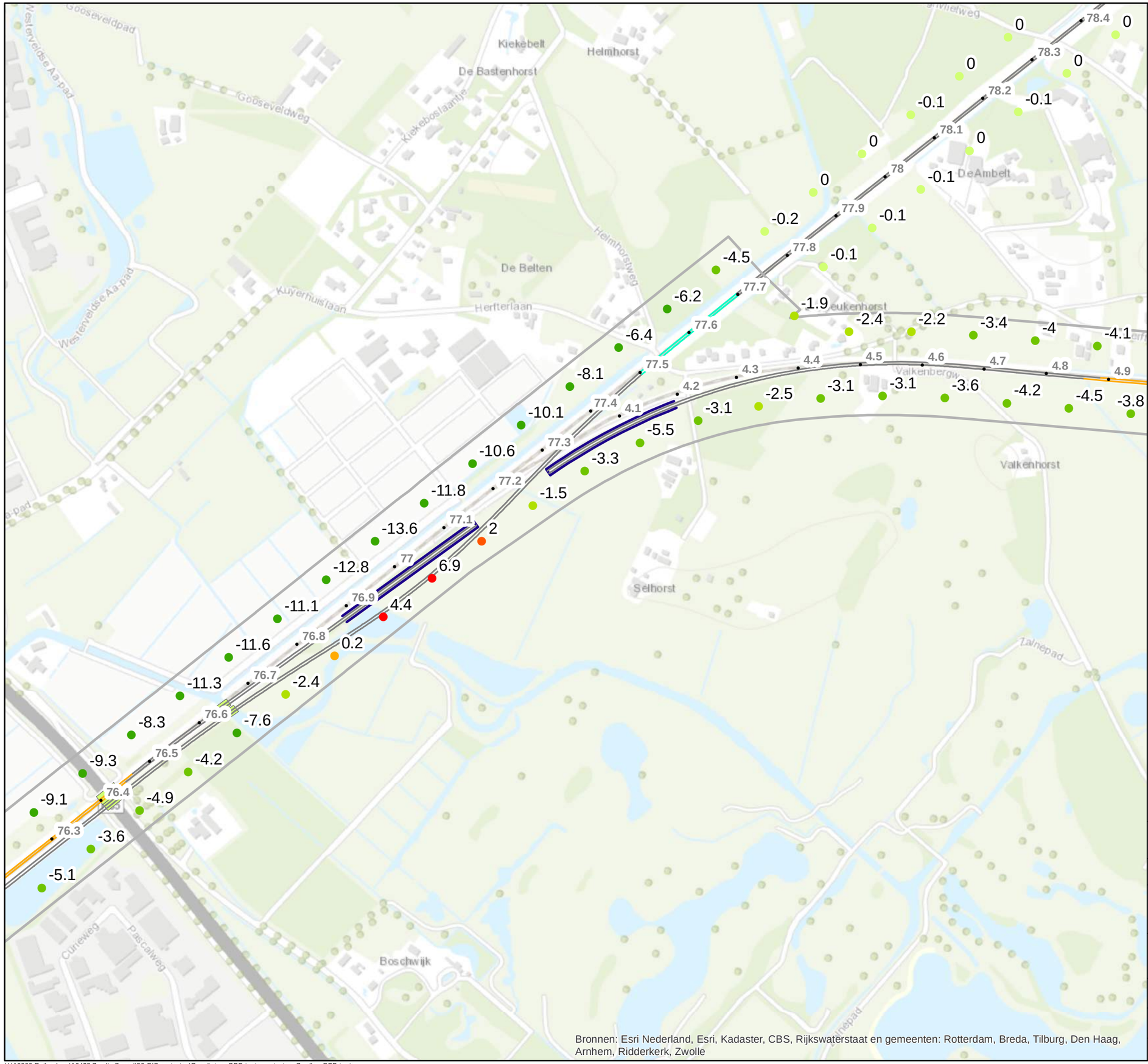
Zwolle Goederen aansluiting - Herfte aansluiting

Auteur	T. Meeuws	Datum	25-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

- Bestaande geluidschermen

Tunnelwanden dive-under

- Tunnelwanden dive-under

Overkapping

- Overkapping

Bruggen

- Bruggen

Perrons

- Perrons

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

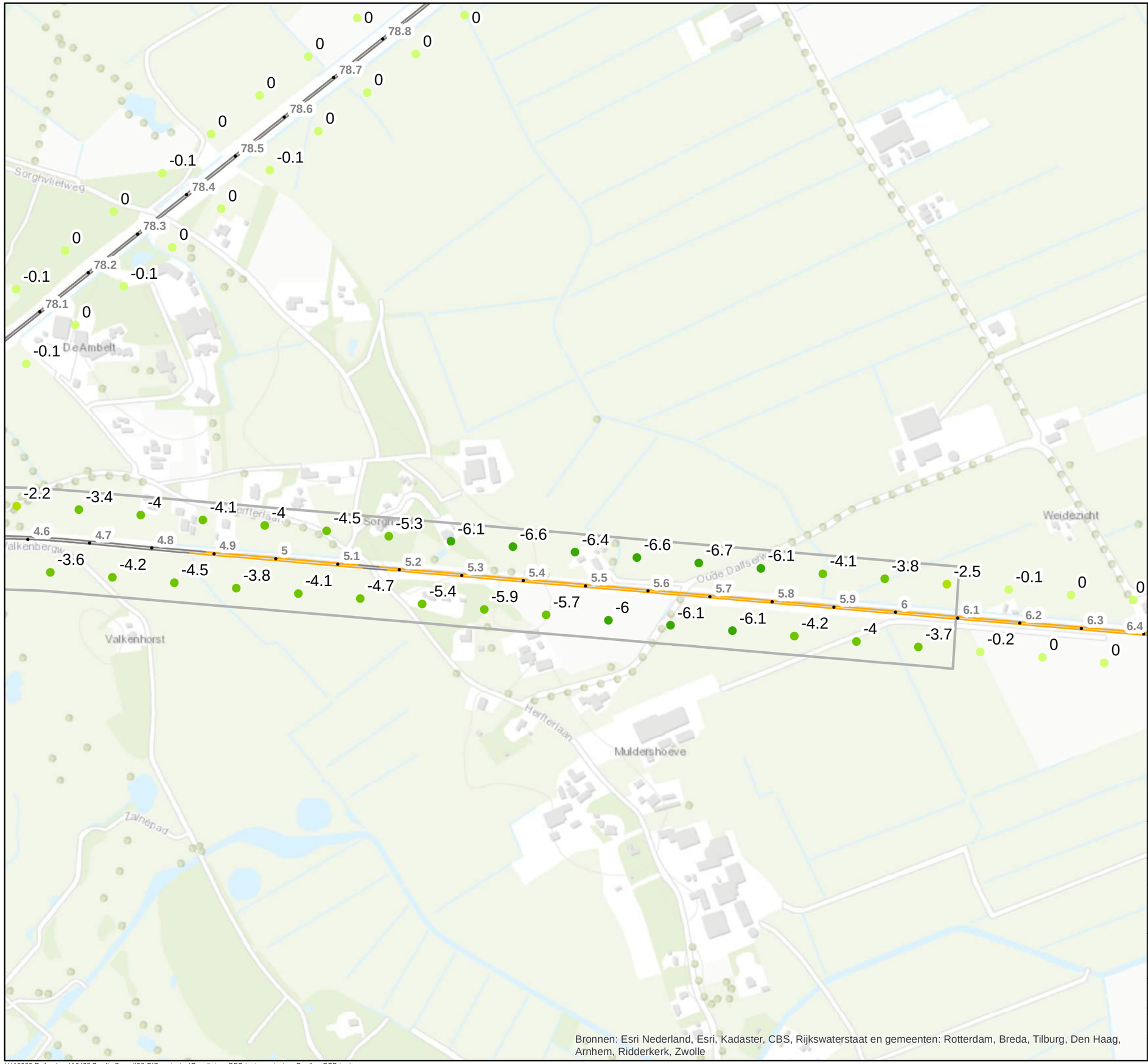
Herfte aansluiting

Auteur	T. Meeuws	Datum	25-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Akoestische projectgrenzen

Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- 1 beton
- 2 hout
- 3 wissel
- 10 raildemper

Bestaande geluidschermen

Bestaande geluidschermen

Tunnelwanden dive-under

Tunnelwanden dive-under

Overkapping

Overkapping

Bruggen

Bruggen

Perrons

Perrons

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

Richting Emmen

Auteur	T. Meeuws	Datum	25-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

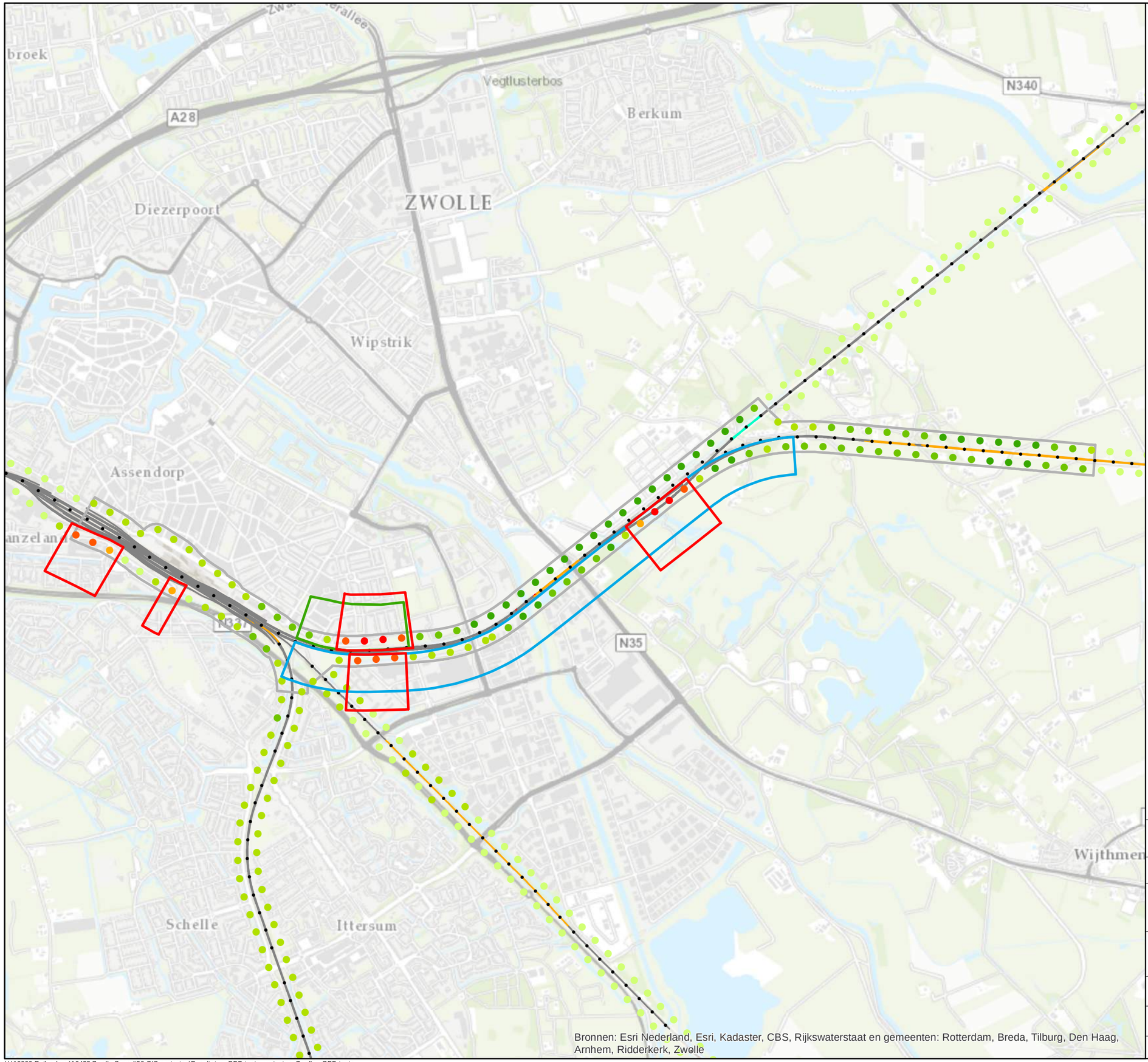
Copyright Movares B.V.

Bijlage IV – Onderzoeksgebieden

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat een figuur met de onderzoeksgebieden. De onderzoeksgebieden kunnen elkaar overlappen. De verschillende kleuren geven de aanleiding van het onderzoeksgebied weer:

- GPP-overschrijding (rode gebieden);
- Niet realiseren registerscherm (groene gebied);
- Nieuwe GPP-punten (blauwe gebied).



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten GPP-toets

- meer dan 6 dB geluidruimte
- 3 tot 6 dB geluidruimte
- 0.5 tot 3 dB geluidruimte
- 0 tot 0.5 dB geluidruimte
- plafondoverschrijding tot 0.5 dB
- plafondoverschrijding tot 3 dB
- plafondoverschrijding meer dan 3 dB

Onderzoeksgebieden (OZG)

- OZG: GPP-overschrijding
- OZG: niet realiseren register-scherm
- OZG: nieuwe referentiepunten

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

GPP-toets via SoundCheck

inclusief onderzoeksgebieden

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 20000

0 500 1 m

Status	Vrijgave

Doc.nr.

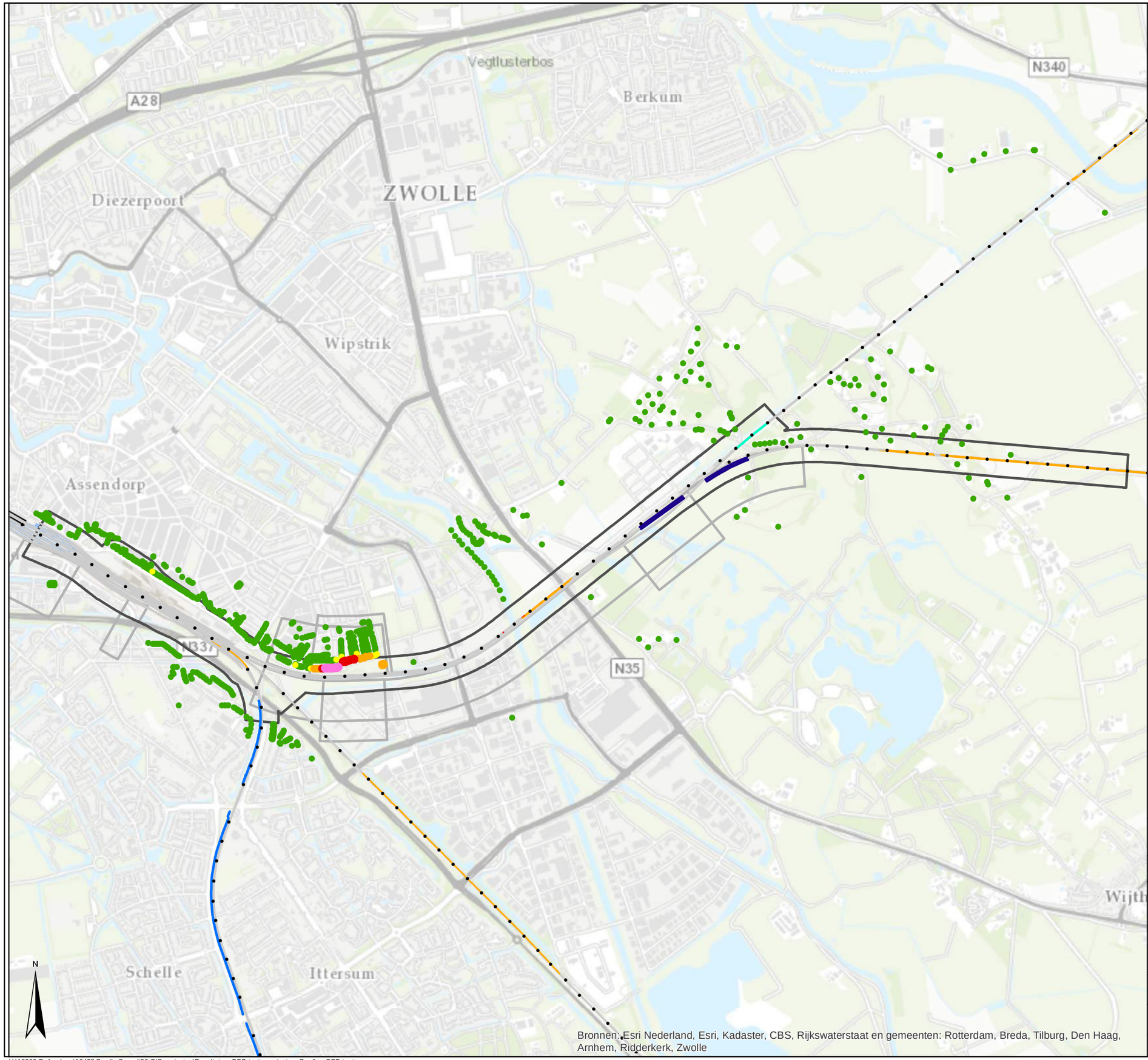
Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Bijlage V – Overschrijdingen woningniveau en indeling cluster

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat figuren met de overschrijdingen op woningniveau. De overschrijdingen in de onderzoeksgebieden vormen de clusters. Eerst wordt een overzicht gegeven van het gehele studiegebied, Daarna is er ingezoomd op 4 deelgebieden. Tot slot is het cluster in de Mimosastraat apart weergegeven.



Legenda

Overschrijdingen woningniveau

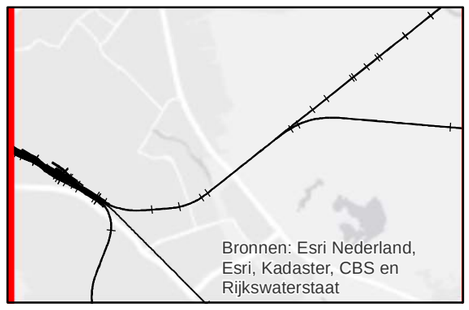
- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding

Onderzoeksgebieden

Onderzoeksgebieden

Akoestische projectgrenzen

Akoestische projectgrenzen



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

Gehele studiegebied

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 18500

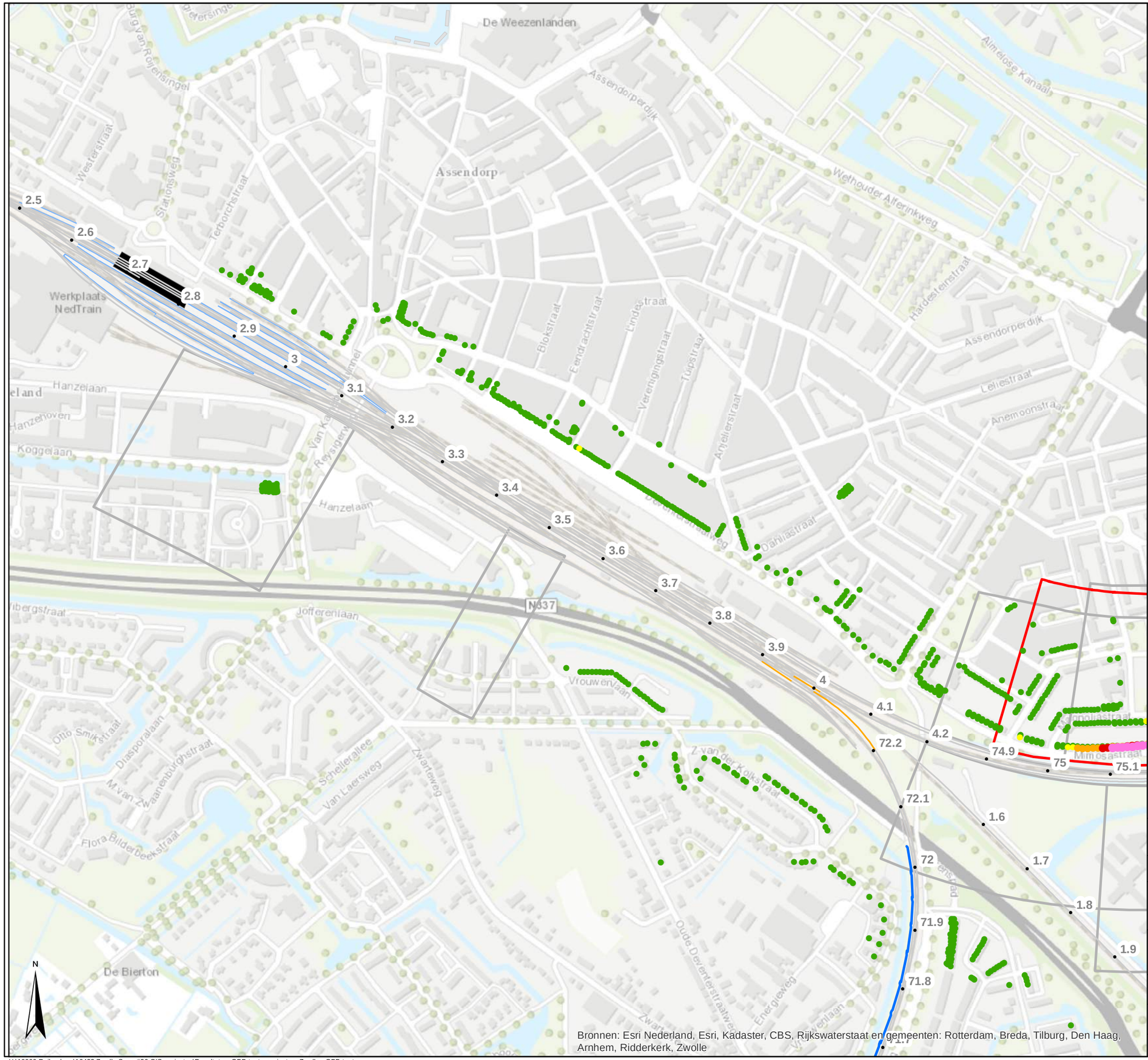
0 460 920 m

Status	Vrijgave

Doc.nr.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

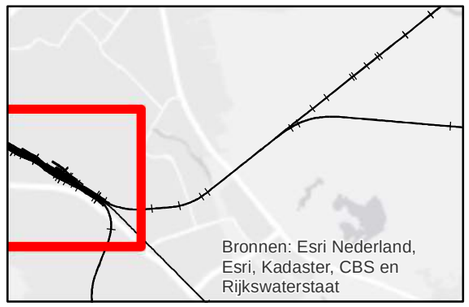
Legenda

Overschrijdingen woningniveau

- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding
- Clusters

Onderzoeksgebieden

- Onderzoeksgebieden



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

Zwolle Station - Zwolle Goederen aansluiting

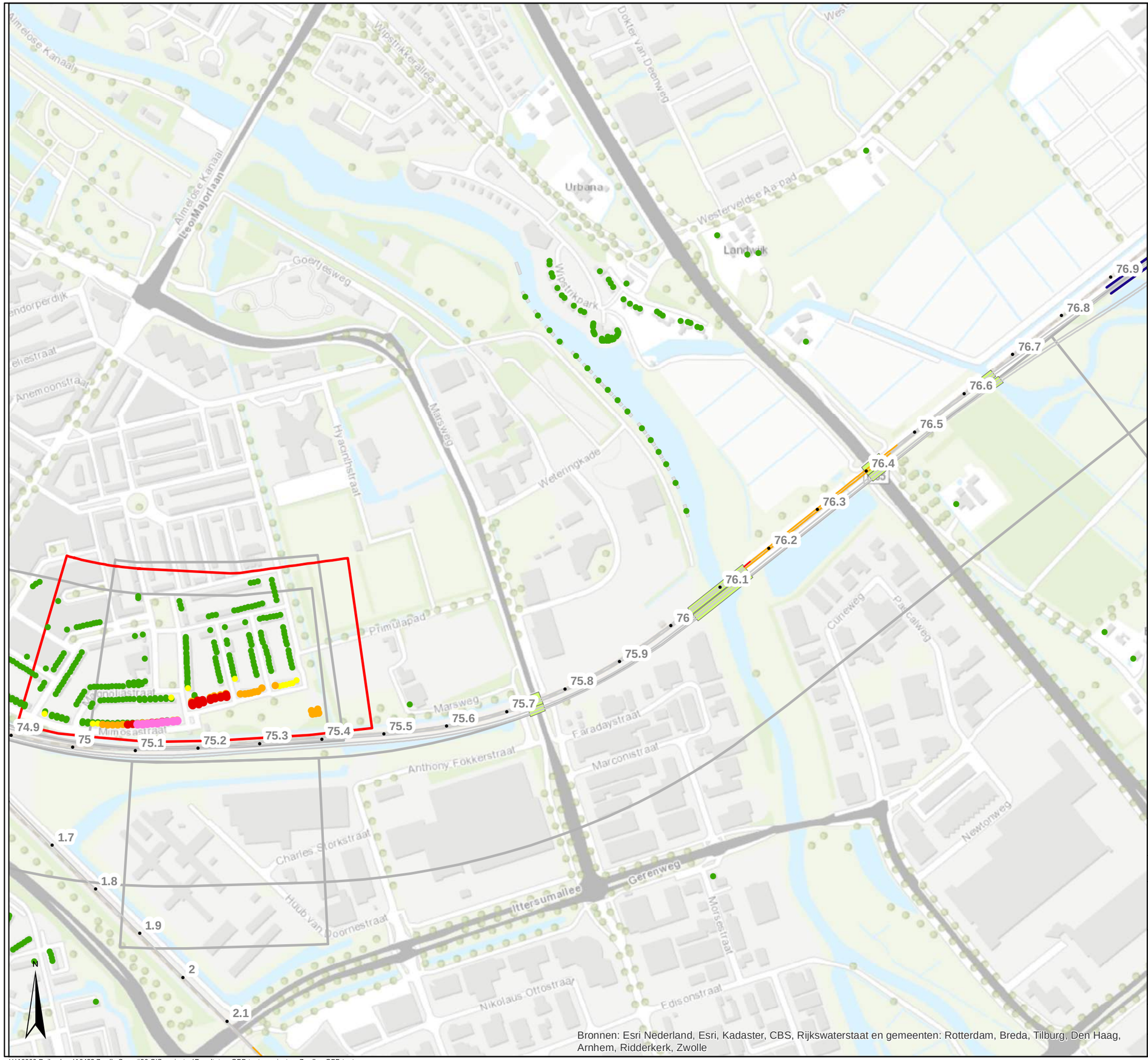
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

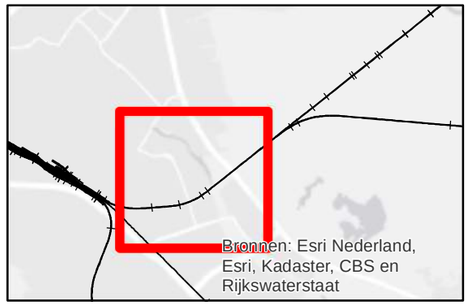
Legenda

Overschrijdingen woningniveau

- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding
- Clusters

Onderzoeksgebieden

- Onderzoeksgebieden



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

Zwolle Goederen aansluiting - Herfte aansluiting

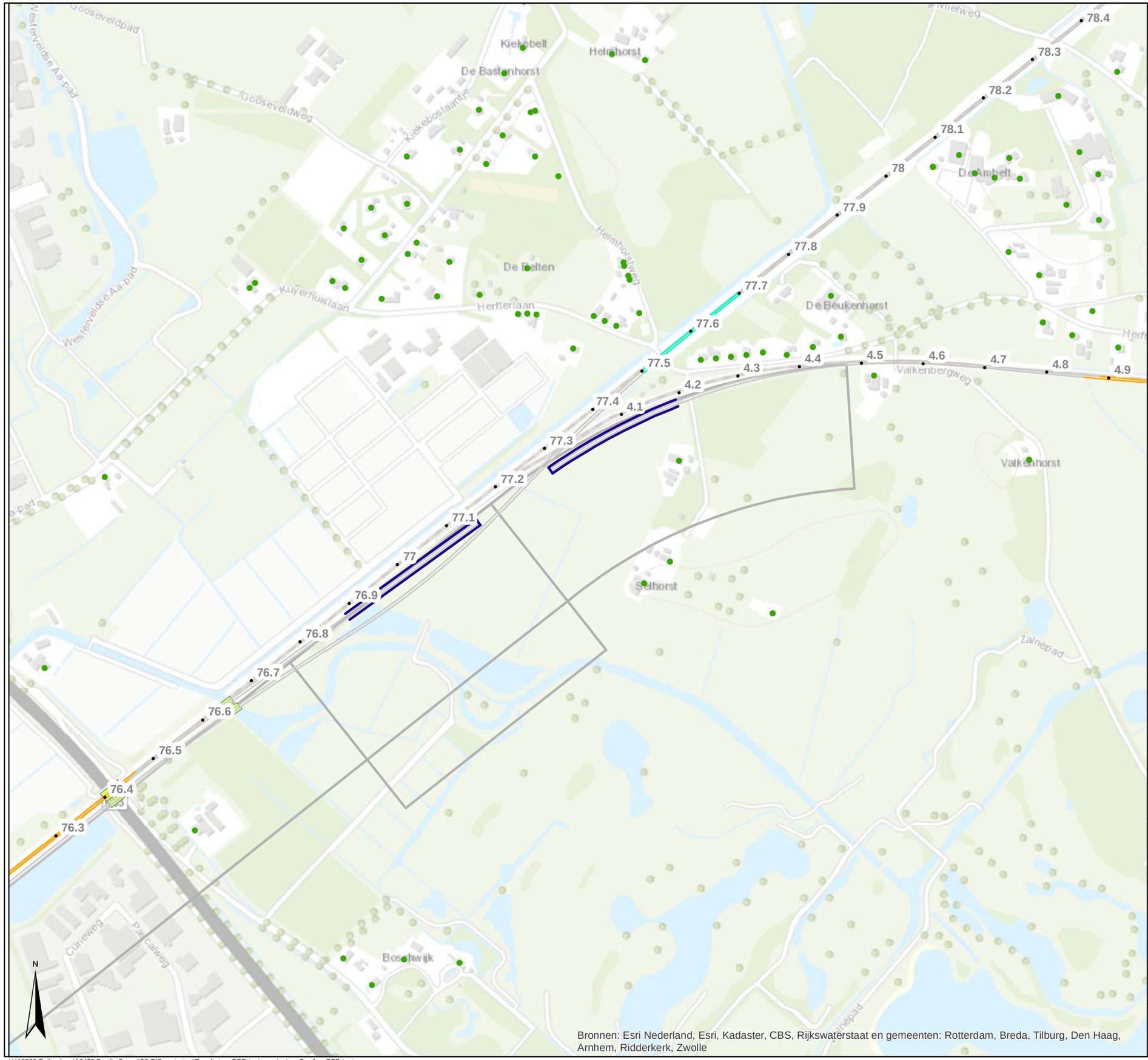
Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

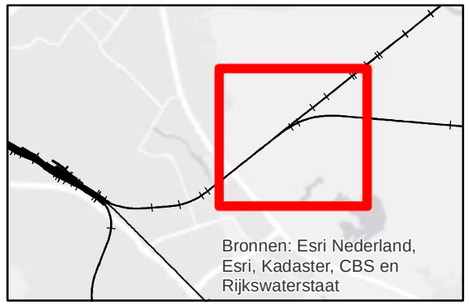
Legenda

Overschrijdingen woningniveau

- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding
- Clusters

Onderzoeksgebieden

- Onderzoeksgebieden



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

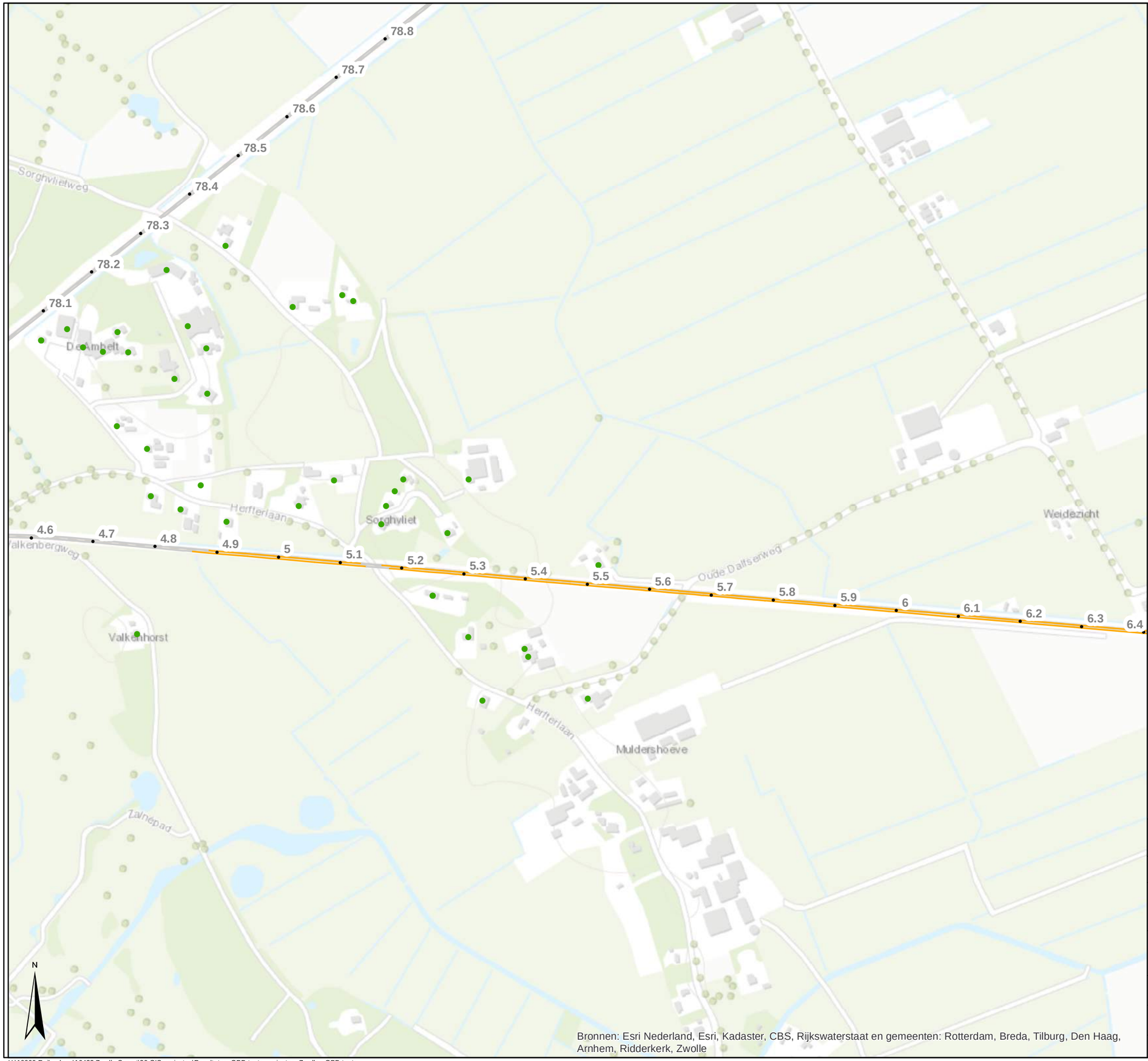
Herfte aansluiting

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

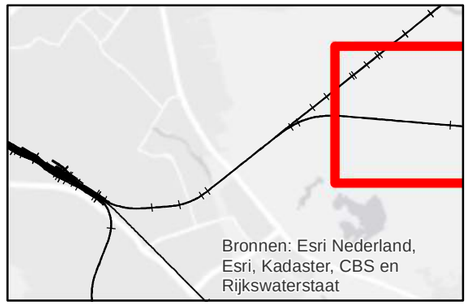
Legenda

Overschrijdingen woningniveau

- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding
- Clusters

Onderzoeksgebieden

- Onderzoeksgebieden



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

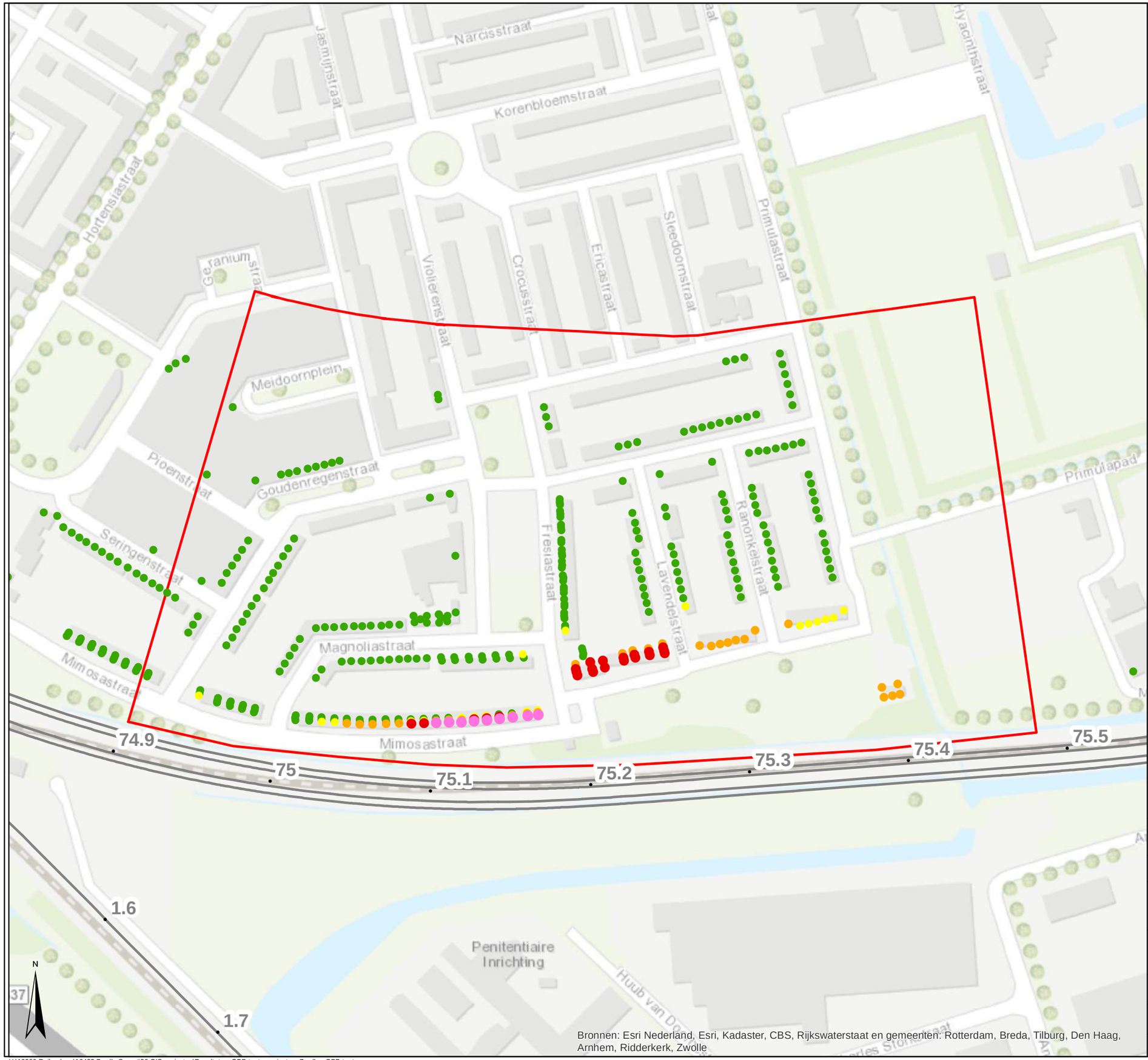
Richting Emmen

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 6000

0 150 300 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

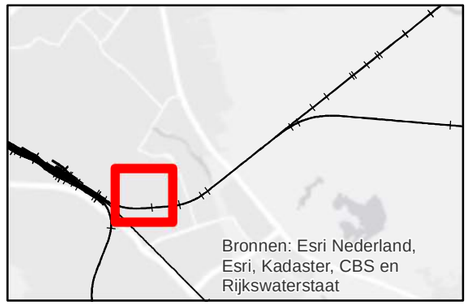
Copyright Movares B.V.



Legenda

Overschrijdingen woningniveau

- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding
- Clusters



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten woningniveau

Mimosastraat

Auteur	T. Meeuws	Datum	20-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 2344.1

0 50 100 m

Status: Vrijgave

Doc.nr.

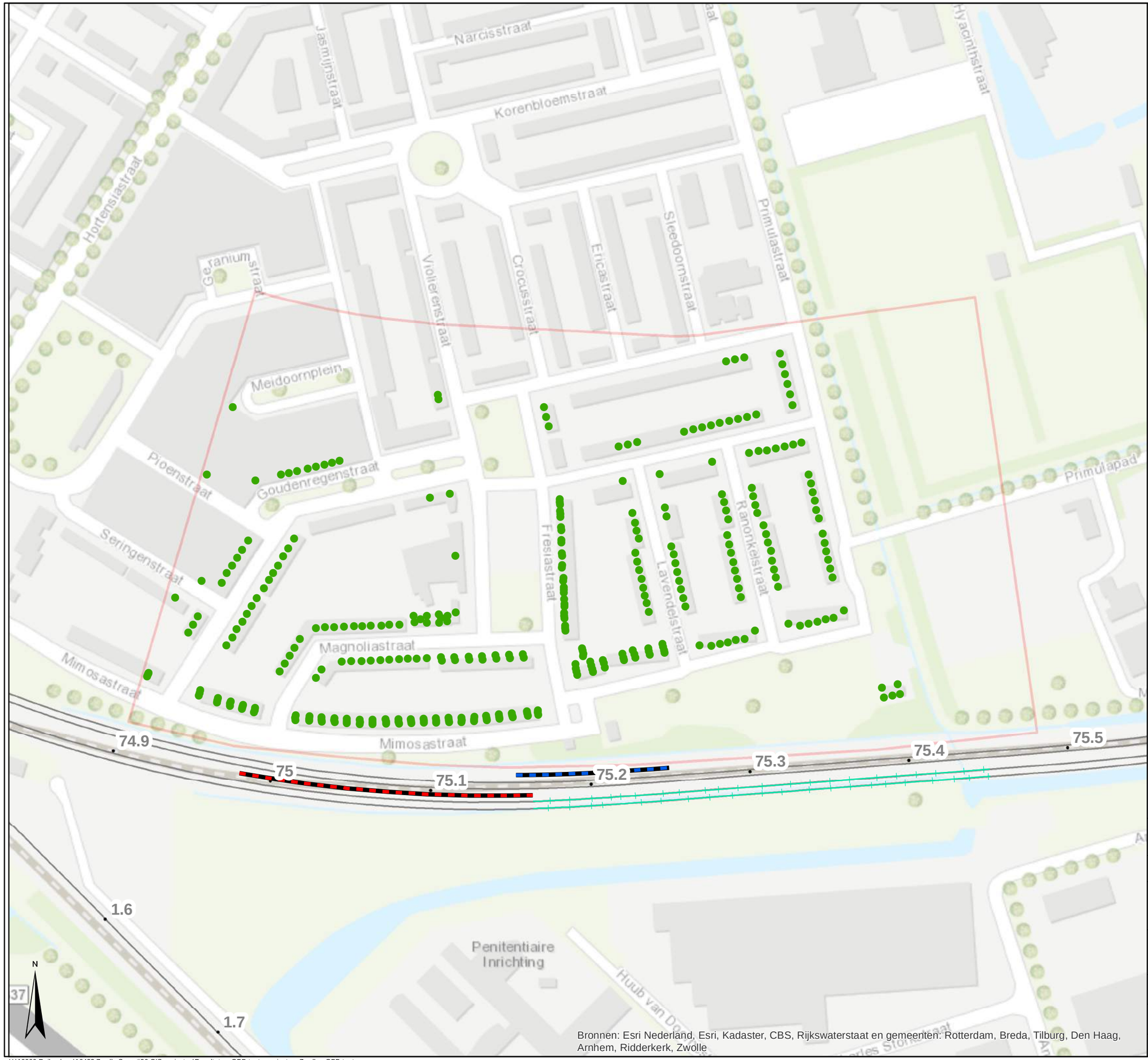
Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets

Bijlage VI – Doelmatige maatregelen

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat de figuur met de doelmatige maatregelen.



Legenda

Overschrijdingen na maatregelen

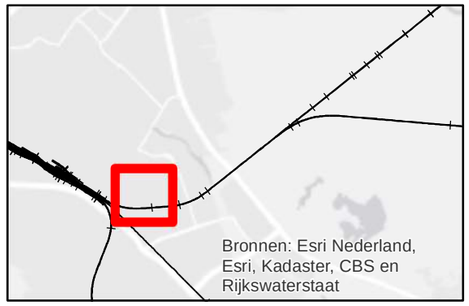
- geen overschrijding
- tot 1 dB overschrijding
- tot 2 dB overschrijding
- tot 3 dB overschrijding
- tot 4 dB overschrijding
- tot 5 dB overschrijding
- meer dan 5 dB overschrijding

Doelmatige geluidschermen

- 1.5 m [lengte 184 m]
- 1 m [lengte 96 m]

Doelmatige raildempers

- 2 sporen [lengte 286 m]
- Clusters



Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Doelmatige maatregelen

Incl resultaten woningniveau Mimosastraat

Auteur	T. Meeuws	Datum	22-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 2344.1

0 50 100 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

Bijlage VII – Resultaten geluidsbelastingen per geluidgevoelig object

Toelichting op de inhoud van deze bijlage.

Deze bijlage bevat een tabel met resultaten van de geluidberekeningen per geluidgevoelig object. Er is een selectie gemaakt van de meest relevante rekenresultaten. In deze bijlage bevat daardoor alleen gegevens van de geluidsgevoelige objecten in het studiegebied die in een geluidsbelasting ondervinden die hoger is dan 55 dB.

Zwolle - Herfte

In deze bijlage zijn enkel voor bestemmingen in het onderzoeksgebied de volledige gegevens weergegeven. In deze bijlage zijn aanvullend voor bestemmingen buiten het onderzoeksgebied welke wel meedoen in de maatregelafweging, de voor de maatregelafweging relevante gegevens weergegeven.

Toelichting op de kolommen:
- Kolom Sanering: "A" zijn de woningen en andere geluidsgevoelige objecten die op grond van artikel 88 van de Wet geluidhinder, zoals dat luidde voor 1 januari 2007, of artikel 4.17 van het Besluit geluidhinder bij de toenmalige Minister van VROM zijn gemeld, voor zover deze nog niet zijn gesaneerd, en de geluidsbelasting bij volledige benutting van de geluidproductieplafonds hoger is dan de maximale waarde, "B" zijn woningen en in een bestemmingsplan opgenomen ligplaatsen voor woonschepen en standplaatsen voor woonwagens, waarvan de geluidsbelasting bij volledige benutting van de geluidproductieplafonds hoger is de maximale waarde en "C" zijn de woningen alsmede in een bestemmingsplan opgenomen ligplaatsen voor woonschepen en standplaatsen voor woonwagens, waarvan de geluidsbelasting vanwege delen van (spoor)wegen zoals genoemd in bijlage 4 van het Besluit geluid milieubeheer bij volledige benutting van de geluidproductieplafonds hoger is de maximale waarde min 10 dB.
- Kolom Effect van het project: Het verschil tussen de Toekomstige situatie zonder nieuwe maatregelen en de grenswaarde.
- Kolom Benodigde reductie: De geluidreductie die nodig is om een overschrijding van de grenswaarde te voorkomen. Dit is gebaseerd op de afgeronde waarde van de grenswaarde én de Toekomstige situatie zonder nieuwe maatregelen.
- Kolom Geluidsbelasting standaard akoestische situatie: De toekomstige geluidsbelasting zonder maatregelen met de akoestische kwaliteit volgens artikel 1 van het Besluit geluid milieubeheer (zonder geluidsschermen/-wallen en doorgaans met een wegdek van zeer open asfalt beton).
- Kolom Geluidreductie door geadviseerde maatregelen: Geluidreductie voor de eindvariant met geadviseerde maatregelen ten opzichte van de Toekomstige situatie zonder nieuwe maatregelen. Bij een negatief getal is de toekomstige waarde lager dan de geluidsbelasting in de Toekomstige situatie zonder nieuwe maatregelen. Bij een positief getal is de toekomstige waarde hoger.

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (A/B/C)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Almelose Pad 2	8013PW	21	52	45		55	-10.05	-	0	0.00	45	
Almelose Pad 4	8013PW	21	53	44		55	-10.86	-	0	-0.01	44	
Almelose Pad 10	8013PW	21	55	44		55	-11.46	-	0	-0.01	44	
Assendorperstraat 211	8012DM	1	52	50		55	-5.37	-	50	-0.01	50	
Assendorperstraat 213	8012DN	1	49	47		55	-8.34	-	47	0.00	47	
Assendorperstraat 215	8012DN	1	46	44		55	-10.94	-	44	0.00	44	
Assendorperstraat 217	8012DN	1	42	40		55	-14.93	-	40	0.00	40	
Assendorperstraat 243	8012DN	1	51	49		55	-5.87	-	49	0.00	49	
Assendorperstraat 245	8012DN	1	46	44		55	-10.94	-	44	0.00	44	
Assendorperstraat 247	8012DN	1	52	49		55	-5.67	-	49	-0.02	49	
Assendorperstraat 249	8012DN	1	42	40		55	-14.93	-	40	0.00	40	
Assendorperstraat 279	8012DN	1	51	49		55	-5.87	-	49	0.00	49	
Assendorperstraat 307	8012DN	1	42	40		55	-14.93	-	40	0.00	40	
Assendorperstraat 309	8012DN	1	49	47		55	-8.34	-	47	0.00	47	
Assendorperstraat 311	8012DN	1	52	50		55	-5.37	-	50	-0.01	50	
Assendorperstraat 313	8012DN	1	52	49		55	-5.67	-	49	-0.02	49	
Begoniastraat 1	8012DA	1	55	54		55	-1.61	-	54	0.00	54	
Begoniastraat 2	8012DB	1	55	53		55	-2.05	-	53	0.00	53	
Begoniastraat 3	8012DA	1	55	53		55	-1.66	-	53	0.00	53	
Campanulastraat 36	8013TX	1	54	48		55	-7.23	-	48	-0.48	47	
Campanulastraat 38	8013TX	1	53	47		55	-7.51	-	47	-0.51	47	
Campanulastraat 40	8013TX	1	54	47		55	-7.54	-	47	-0.50	47	
Dahliastraat 48	8012CW	1	54	52		55	-2.51	-	52	0.00	52	
Dahliastraat 49	8012CX	1	53	52		55	-2.51	-	52	-0.01	52	
Dahliastraat 51	8012CX	1	55	54		55	-1.47	-	54	0.00	54	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Deventerstraatweg 1	8012AA	1	54	53		55	-1.56	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 1 A	8012AA	1	55	55		55	-0.74	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 3	8012AA	1	55	54		55	-1.02	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 5	8012AA	1	56	55		56	-0.82	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 7 A	8012AA	1	55	54		55	-0.78	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 7 B	8012AA	1	56	55		56	-0.64	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 9	8012AA	1	56	55		56	-0.64	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 9 A	8012AA	1	54	54		55	-1.24	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 11	8012AA	1	56	55		56	-0.68	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 11 A	8012AA	1	54	54		55	-1.21	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 13	8012AA	1	54	54		55	-1.29	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 13 A	8012AA	1	56	55		56	-0.59	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 15	8012AA	1	54	54		55	-1.38	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 15 A	8012AA	1	56	55		56	-0.62	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 17	8012AA	1	56	55		56	-0.65	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 19	8012AA	1	55	54		55	-0.74	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 19 A	8012AA	1	56	55		56	-0.62	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 21	8012AA	1	56	55		56	-0.56	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 23	8012AA	1	55	54		55	-0.67	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 23 A	8012AA	1	56	55		56	-0.49	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 25	8012AA	1	56	55		56	-0.44	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 27	8012AB	1	56	55		56	-0.45	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 27 A	8012AB	1	54	53		55	-1.59	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 29	8012AB	1	56	55		56	-0.39	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 29 A	8012AB	1	54	53		55	-1.51	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 31	8012AB	1	56	55		56	-0.42	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 31 A	8012AB	1	54	53		55	-1.57	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 33	8012AB	1	56	55		56	-0.38	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 35	8012AB	1	56	55		56	-0.44	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 35 A	8012AB	1	54	54		55	-1.37	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 37	8012AB	1	56	55		56	-0.30	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 37 A	8012AB	1	54	54		55	-1.38	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 39	8012AB	1	56	55		56	-0.27	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 39 A	8012AB	1	54	54		55	-1.47	-	54	0.00	54	
Deventerstraatweg 41	8012AB	1	56	55		56	-0.17	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 43	8012AB	1	55	55		55	-0.45	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 45	8012AB	1	55	55		55	-0.39	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 47	8012AB	1	55	55		55	-0.45	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 49	8012AB	1	55	55		55	-0.38	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 51	8012AB	1	55	55		55	-0.37	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 53	8012AB	1	53	53		55	-1.65	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 55	8012AC	1	56	55		56	-0.10	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 57	8012AC	1	55	55		55	0.01	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 59	8012AC	1	55	56		55	0.03	0.03	56	0.00	56	X
Deventerstraatweg 61	8012AC	1	56	56		56	-0.04	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 63	8012AC	1	55	55		55	-0.30	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 65	8012AC	1	55	55		55	-0.19	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 67	8012AC	1	55	55		55	-0.25	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 69	8012AC	1	55	55		55	-0.11	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 71	8012AC	1	55	55		55	-0.15	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 73	8012AC	1	55	55		55	-0.13	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 75	8012AC	1	55	55		55	-0.08	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 77	8012AC	1	55	55		55	-0.12	-	55	0.00	55	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Deventerstraatweg 79	8012AC	1	55	55		55	-0.11	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 81	8012AC	1	55	55		55	-0.13	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 83	8012AD	1	55	55		55	-0.18	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 85	8012AD	1	55	55		55	-0.21	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 87	8012AD	1	55	55		55	-0.24	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 89	8012AD	1	55	55		55	-0.30	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 91	8012AD	1	56	55		56	-0.32	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 93	8012AD	1	56	55		56	-0.28	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 95	8012AD	1	56	55		56	-0.41	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 97	8012AD	1	56	55		56	-0.39	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 99	8012AD	1	56	55		56	-0.40	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 101	8012AD	1	56	55		56	-0.43	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 103	8012AD	1	56	55		56	-0.47	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 105	8012AD	1	56	55		56	-0.48	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 107	8012AD	1	56	55		56	-0.51	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 109	8012AD	1	56	55		56	-0.53	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 111	8012AD	1	56	55		56	-0.58	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 113	8012AD	1	56	55		56	-0.58	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 115	8012AD	1	56	56		56	-0.66	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 117	8012AD	1	56	55		56	-0.64	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 119	8012AD	1	56	56		56	-0.68	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 121	8012AD	1	56	55		56	-0.74	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 123	8012AD	1	56	56		56	-0.68	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 125	8012AD	1	56	56		56	-0.72	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 127	8012AD	1	56	55		56	-0.81	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 129	8012AD	1	56	55		56	-0.86	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 131	8012AE	1	56	55		56	-0.84	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 133	8012AE	1	57	56		57	-0.82	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 135	8012AE	1	56	55		56	-0.84	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 137	8012AE	1	57	56		57	-0.87	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 139	8012AE	1	57	56		57	-0.87	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 141	8012AE	1	57	56		57	-0.91	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 143	8012AE	1	57	56		57	-0.94	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 145	8012AE	1	57	56		57	-0.88	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 147	8012AE	1	57	56		57	-0.94	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 149	8012AE	1	57	56		57	-0.96	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 151	8012AE	1	55	53		55	-2.12	-	53	0.00	53	
Deventerstraatweg 153	8012AE	1	54	52		55	-3.13	-	52	0.00	52	
Deventerstraatweg 155	8012AE	1	54	52		55	-2.67	-	52	0.00	52	
Deventerstraatweg 165	8012AE	1	53	50		55	-5.13	-	50	-0.02	50	
Deventerstraatweg 171	8012AE	1	54	50		55	-4.59	-	50	-0.01	50	
Deventerstraatweg 173	8012AE	1	55	52		55	-3.64	-	52	0.00	52	
Deventerstraatweg 175	8012AG	1	60	57		60	-3.79	-	56	0.00	57	
Deventerstraatweg 177	8012AG	1	60	57		60	-3.75	-	57	0.00	57	
Deventerstraatweg 179	8012AG	1	60	56		60	-3.52	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 181	8012AG	1	59	55		59	-3.60	-	55	0.00	55	
Deventerstraatweg 185	8012AG	1	60	56		60	-4.32	-	56	0.00	56	
Deventerstraatweg 189	8012AG	1	65	60		65	-4.59	-	60	0.00	60	
Deventerstraatweg 191	8012AG	1	65	61		65	-4.56	-	61	0.00	61	
Deventerstraatweg 193	8012AG	1	65	60		65	-4.53	-	60	0.00	60	
Deventerstraatweg 195	8012AG	1	65	60		65	-4.61	-	60	0.00	60	
Deventerstraatweg 197	8012AG	1	65	61		65	-4.57	-	60	-0.01	61	
Deventerstraatweg 199	8012AG	1	65	61		65	-4.67	-	61	-0.01	61	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Eendrachtstraat 92	8012VZ	1	45	44		55	-10.69	-	44	0.00	44	
Essinckbelt 1	8014NV	1	55	53		55	-1.85	-	53	-0.30	53	
Essinckbelt 3	8014NV	1	53	52		55	-2.69	-	52	-0.34	52	
Essinckbelt 5	8014NV	1	54	53		55	-1.92	-	53	-0.32	53	
Essinckbelt 7	8014NV	1	54	53		55	-2.48	-	53	-0.30	52	
Fresiastraat 1	8013SM	1	53	48		55	-6.55	-	48	-1.09	47	
Fresiastraat 3	8013SM	1	52	48		55	-6.51	-	48	-1.04	47	
Fresiastraat 5	8013SM	1	52	48		55	-7.07	-	48	-1.01	47	
Fresiastraat 13	8013SM	1	46	45		55	-9.87	-	45	-2.07	43	
Fresiastraat 15	8013SM	1	53	50		55	-5.37	-	50	-1.19	48	
Fresiastraat 17	8013SM	1	53	50		55	-5.29	-	50	-1.37	48	
Fresiastraat 19	8013SM	1	49	43		55	-12.12	-	43	-0.68	42	
Fresiastraat 21	8013SM	1	54	49		55	-6.26	-	49	-0.62	48	
Fresiastraat 23	8013SM	1	53	49		55	-6.25	-	49	-0.97	48	
Fresiastraat 27	8013SM	1	50	48		55	-7.08	-	48	-2.15	46	
Fresiastraat 29	8013SM	1	52	50		55	-4.54	-	50	-1.99	48	
Fresiastraat 33	8013SM	1	53	49		55	-5.62	-	49	-1.39	48	
Fresiastraat 35	8013SM	1	53	50		55	-4.71	-	50	-1.84	48	
Fresiastraat 39	8013SM	1	53	50		55	-5.47	-	50	-1.15	48	
Fresiastraat 41	8013SM	1	52	50		55	-5.03	-	50	-1.51	48	
Fresiastraat 45	8013SM	1	54	50		55	-5.21	-	50	-1.21	49	
Fresiastraat 47	8013SM	1	52	50		55	-5.00	-	50	-1.59	48	
Fresiastraat 51	8013SN	1	53	50		55	-5.14	-	50	-1.23	49	
Fresiastraat 53	8013SN	1	52	50		55	-4.52	-	50	-1.64	49	
Fresiastraat 57	8013SN	1	49	50		55	-5.21	-	50	-2.02	48	
Fresiastraat 59	8013SN	1	51	52		55	-2.94	-	52	-1.77	50	
Fresiastraat 63	8013SN	1	49	50		55	-4.79	-	50	-2.20	48	
Fresiastraat 65	8013SN	1	52	53		55	-2.13	-	53	-1.87	51	
Fresiastraat 67	8013SN	1	48	49		55	-5.59	-	49	-3.09	46	
Fresiastraat 69	8013SN	1	50	51		55	-3.60	-	51	-2.53	49	
Fresiastraat 71	8013SN	1	53	54		55	-1.21	-	54	-2.13	52	
Fresiastraat 73	8013SN	1	50	52		55	-2.65	-	52	-4.19	48	
Fresiastraat 75	8013SN	1	52	54		55	-0.56	-	54	-3.32	51	
Fresiastraat 77	8013SN	1	54	56		55	1.05	0.56	56	-2.67	53	
Geraniumstraat 26	8013TK	1	52	47		55	-7.69	-	47	-0.10	47	
Geraniumstraat 28	8013TK	1	52	46		55	-8.76	-	46	-0.20	46	
Geraniumstraat 30	8013TK	1	52	47		55	-8.24	-	47	-0.19	47	
Gooseveldweg 1	8024PG	1	54	48		55	-7.33	-	48	0.00	48	
Goudenregenstraat 2	8013TC	1	62	63		62	0.48	0.36	63	-0.39	62	
Goudenregenstraat 4	8013TC	1	67	65		67	-2.41	-	65	-0.35	64	
Goudenregenstraat 6	8013TC	1	69	65		69	-3.95	-	65	-0.25	65	
Goudenregenstraat 8	8013TC	1	59	56		59	-2.96	-	56	-0.07	56	
Goudenregenstraat 10	8013TC	1	58	55		58	-3.19	-	55	-0.04	55	
Goudenregenstraat 12	8013TC	1	57	55		57	-2.18	-	55	-0.09	55	
Goudenregenstraat 14	8013TC	1	57	54		57	-3.06	-	54	-0.05	54	
Goudenregenstraat 16	8013TC	1	56	53		56	-2.74	-	53	-0.06	53	
Goudenregenstraat 18	8013TC	1	53	51		55	-3.65	-	51	-0.07	51	
Goudenregenstraat 20	8013TC	1	55	52		55	-2.96	-	52	-0.08	52	
Goudenregenstraat 22	8013TC	1	55	53		55	-2.83	-	53	-0.06	53	
Goudenregenstraat 24	8013TC	1	52	51		55	-3.67	-	51	-0.07	51	
Goudenregenstraat 26	8013TC	1	53	51		55	-3.94	-	51	-0.08	51	
Goudenregenstraat 28	8013TC	1	55	51		55	-3.87	-	51	-0.13	51	
Goudenregenstraat 30	8013TD	1	51	50		55	-5.41	-	50	-0.12	49	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Goudenregenstraat 32	8013TD	1	53	51		55	-4.43	-	51	-0.11	50	
Goudenregenstraat 33	8013TA	1	61	58		61	-2.27	-	58	0.00	58	
Goudenregenstraat 34	8013TD	1	53	50		55	-4.67	-	50	-0.12	50	
Goudenregenstraat 35	8013TA	1	57	56		57	-0.87	-	56	-0.06	56	
Goudenregenstraat 37	8013TA	1	58	56		58	-2.66	-	56	-0.01	56	
Goudenregenstraat 39	8013TA	1	57	54		57	-2.06	-	54	-0.02	54	
Goudenregenstraat 41	8013TA	1	52	51		55	-4.45	-	51	-0.01	51	
Goudenregenstraat 43	8013TA	1	52	50		55	-4.87	-	50	-0.01	50	
Goudenregenstraat 45	8013TA	1	51	49		55	-5.58	-	49	-0.02	49	
Goudenregenstraat 47	8013TA	1	53	49		55	-5.72	-	49	-0.02	49	
Goudenregenstraat 49	8013TA	1	53	50		55	-4.95	-	50	-0.02	50	
Goudenregenstraat 53	8013TB	1	53	47		55	-8.49	-	46	-0.08	46	
Goudenregenstraat 58	8013TD	1	51	48		55	-6.67	-	48	-0.85	47	
Goudenregenstraat 59	8013TB	1	51	47		55	-7.76	-	47	-0.05	47	
Goudenregenstraat 61	8013TB	1	53	49		55	-6.07	-	49	-0.05	49	
Goudenregenstraat 62	8013TD	1	53	48		55	-6.79	-	48	-1.22	47	
Goudenregenstraat 63	8013TB	1	53	49		55	-6.17	-	49	-0.06	49	
Goudenregenstraat 65	8013TB	1	53	49		55	-5.53	-	49	-0.05	49	
Goudenregenstraat 67	8013TB	1	52	49		55	-6.24	-	49	-0.07	49	
Goudenregenstraat 69	8013TB	1	51	48		55	-7.01	-	48	-0.05	48	
Goudenregenstraat 71	8013TB	1	51	47		55	-7.76	-	47	-0.07	47	
Goudenregenstraat 73	8013TB	1	51	47		55	-7.71	-	47	-0.06	47	
Grenslaan 50	8017BH	1	56	54		56	-1.93	-	54	0.00	54	
Grenslaan 52	8017BH	1	57	55		57	-2.25	-	55	0.01	55	
Grenslaan 54	8017BH	1	57	55		57	-2.05	-	55	0.00	55	
Groenestraat 70	8012VM	1	51	50		55	-5.13	-	50	0.00	50	
Groenestraat 72	8012VM	1	51	50		55	-4.65	-	50	0.00	50	
Groenestraat 73	8012VK	1	53	52		55	-2.85	-	52	0.00	52	
Groenestraat 74	8012VM	1	53	52		55	-2.84	-	52	0.00	52	
Groeneweg 1	8012AJ	1	54	53		55	-2.40	-	53	0.00	53	
Groeneweg 2	8012AN	1	55	54		55	-1.00	-	54	0.00	54	
Groeneweg 2 A	8012AN	1	54	53		55	-2.10	-	53	0.00	53	
Groeneweg 3	8012AJ	1	54	53		55	-2.29	-	53	0.00	53	
Groeneweg 5	8012AJ	1	54	53		55	-2.32	-	53	0.00	53	
Groeneweg 6	8012AN	1	54	53		55	-2.43	-	53	0.00	53	
Groeneweg 7	8012AJ	1	54	53		55	-2.38	-	53	0.00	53	
Groeneweg 8	8012AN	1	53	52		55	-2.68	-	52	0.00	52	
Groeneweg 9	8012AJ	1	54	52		55	-2.51	-	52	0.00	52	
Groeneweg 11	8012AJ	1	54	52		55	-2.50	-	52	0.00	52	
Groeneweg 13	8012AJ	1	53	52		55	-2.53	-	52	0.00	52	
Groeneweg 15	8012AJ	1	53	52		55	-2.58	-	52	0.00	52	
Groeneweg 23	8012AJ	1	54	53		55	-2.46	-	53	0.00	53	
Groeneweg 25	8012AJ	1	53	52		55	-2.59	-	52	0.00	52	
Groeneweg 27	8012AJ	1	53	52		55	-2.73	-	52	0.00	52	
Groeneweg 31 A	8012AJ	1	54	53		55	-2.26	-	53	0.00	53	
Groeneweg 80	8012AP	1	46	46		55	-9.22	-	46	0.01	46	
Groeneweg 80 A	8012AP	1	53	53		55	-2.29	-	53	0.00	53	
Groeneweg 102	8012AR	1	54	53		55	-1.54	-	53	0.00	53	
Groeneweg 108	8012AR	1	55	54		55	-0.60	-	54	-0.01	54	
Groeneweg 137	8012AM	1	54	53		55	-2.46	-	53	0.00	53	
Groeneweg 139	8012AM	1	55	53		55	-1.81	-	53	0.01	53	
Groeneweg 140	8012AS	1	55	54		55	-0.70	-	54	0.00	54	
Groeneweg 141	8012AM	1	55	54		55	-1.47	-	54	0.00	54	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Groeneweg 143	8012AM	1	55	54		55	-1.27	-	54	0.00	54	
Groeneweg 145	8012AM	1	55	54		55	-1.23	-	54	0.00	54	
Groeneweg 147	8012AM	1	54	53		55	-2.48	-	53	0.01	53	
Groeneweg 149	8012AM	1	54	53		55	-2.24	-	53	0.01	53	
Groeneweg 151	8012AM	1	56	54		56	-1.18	-	54	0.00	54	
Groeneweg 153	8012AM	1	56	54		56	-1.22	-	54	0.00	54	
Groeneweg 154	8012AS	1	53	53		55	-2.24	-	53	0.00	53	
Groeneweg 156	8012AS	1	53	53		55	-2.13	-	53	0.00	53	
Groeneweg 158	8012AS	1	53	53		55	-2.46	-	53	0.00	53	
Groeneweg 162	8012AT	1	53	53		55	-2.24	-	53	-0.01	53	
Groeneweg 164	8012AT	1	53	53		55	-2.20	-	53	0.00	53	
Groeneweg 188	8012AT	1	55	53		55	-1.85	-	53	0.00	53	
Groeneweg 190	8012AT	1	55	53		55	-1.79	-	53	0.00	53	
Groeneweg 192	8012AT	1	56	55		56	-0.97	-	55	0.00	55	
Groeneweg 194	8012AT	1	57	56		57	-1.00	-	56	0.00	56	
Heinoseweg 1	8026PA	1	63	54		63	-9.13	-	53	0.00	54	
Heinoseweg 3	8026PA	1	64	59		64	-5.89	-	58	0.00	59	
Heinoseweg 5	8026PA	1	57	50		57	-7.17	-	50	0.00	50	
Heinoseweg 7	8026PA	1	54	48		55	-6.98	-	48	0.00	48	
Heinoseweg 9	8026PA	1	55	48		55	-7.00	-	48	0.00	48	
Heinoseweg 11	8026PA	1	56	49		56	-7.07	-	49	0.00	49	
Helmhorstweg 3	8024PH	1	68	62	A	65	-2.73	-	65	0.00	62	
Helmhorstweg 5	8024PH	1	64	58		64	-5.62	-	60	0.00	58	
Helmhorstweg 7	8024PH	1	62	57		62	-5.35	-	59	0.00	57	
Helmhorstweg 9	8024PH	1	60	55		60	-4.98	-	57	0.00	55	
Helmhorstweg 11	8024PH	1	60	55		60	-4.87	-	57	0.00	55	
Helmhorstweg 23	8024PH	1	55	51		55	-4.17	-	52	0.00	51	
Helmhorstweg 25	8024PH	1	54	50		55	-5.03	-	50	0.00	50	
Herfter Esweg 2	8026RH	1	58	53		58	-4.63	-	52	0.00	53	
Herfterlaan 1	8024PK	1	57	50		57	-7.22	-	50	0.00	50	
Herfterlaan 1 A	8024PK	1	59	51		59	-7.58	-	51	0.00	51	
Herfterlaan 1 B	8024PK	1	56	48		56	-8.00	-	49	0.00	48	
Herfterlaan 3	8024PK	1	61	54		61	-7.77	-	54	0.00	54	
Herfterlaan 5	8024PK	1	61	53		61	-7.12	-	54	0.00	53	
Herfterlaan 6	8024PJ	1	62	55		62	-7.71	-	55	0.00	55	
Herfterlaan 8	8024PJ	1	64	56		64	-7.67	-	56	0.00	56	
Herfterlaan 9	8024PK	1	66	59	A	65	-5.77	-	59	0.00	59	
Herfterlaan 10	8024PJ	1	64	57		64	-7.26	-	57	0.00	57	
Herfterlaan 11	8024PK	1	67	60	A	65	-5.06	-	61	0.00	60	
Herfterlaan 12	8024PJ	1	70	62	A	65	-2.73	-	62	0.00	62	
Herfterlaan 13	8024PK	1	70	64	A	65	-1.20	-	65	0.00	64	
Herfterlaan 14	8026RA	1	65	59		65	-5.63	-	59	0.00	59	
Herfterlaan 15	8026RC	1	71	65	AB	65	-0.20	-	67	0.00	65	
Herfterlaan 16	8026RA	1	60	54		60	-5.53	-	54	0.00	54	
Herfterlaan 17	8026RC	1	66	61	A	65	-4.48	-	63	0.00	61	
Herfterlaan 18	8026RA	1	60	54		60	-5.41	-	54	0.00	54	
Herfterlaan 19	8026RC	1	67	61	A	65	-4.06	-	63	0.00	61	
Herfterlaan 21	8026RC	1	66	61	A	65	-3.96	-	63	0.00	61	
Herfterlaan 22	8026RA	1	56	52		56	-4.50	-	52	0.00	52	
Herfterlaan 23	8026RC	1	66	61	A	65	-4.21	-	62	0.00	61	
Herfterlaan 24 A	8026RA	1	62	57		62	-5.15	-	57	0.00	57	
Herfterlaan 26	8026RA	1	62	57		62	-5.17	-	57	0.00	57	
Herfterlaan 26 A	8026RA	1	63	59		63	-4.14	-	58	0.00	59	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Herfterlaan 27	8026RC	1	66	61	A	65	-3.54	-	61	0.00	61	
Herfterlaan 28	8026RA	1	54	50		55	-5.23	-	49	0.00	50	
Herfterlaan 29	8026RC	1	65	61		65	-4.70	-	61	0.00	61	
Herfterlaan 31	8026RC	11	64	59		64	-4.20	-	59	0.00	59	
Herfterlaan 33	8026RC	11	64	64		64	-0.27	-	64	0.00	64	
Herfterlaan 35	8026RC	1	56	54		56	-1.66	-	55	0.00	54	
Herfterlaan 37	8026RC	1	58	58		58	-0.02	-	58	0.00	58	
Herfterlaan 39	8026RC	15	60	60		60	-0.01	-	60	0.00	60	
Herfterlaan 39 A	8026RC	15	61	61		61	-0.01	-	61	0.00	61	
Herfterlaan 39 B	8026RC	15	64	64		64	0.00	-	64	0.00	64	
Herfterlaan 39 C	8026RC	15	66	66		66	-0.01	-	66	0.00	66	
Herfterlaan 39 D	8026RC	15	72	72		72	0.03	-	72	0.00	72	
Herfterlaan 39 E	8026RC	15	65	65		65	0.00	-	65	0.00	65	
Herfterlaan 39 F	8026RC	15	69	69		69	0.00	-	69	0.00	69	
Herfterlaan 39 H	8026RC	15	60	60		60	-0.11	-	60	0.00	60	
Herfterlaan 39 J	8026RC	15	57	56		57	-0.22	-	56	0.00	56	
Herfterlaan 39 K	8026RC	15	54	54		55	-0.93	-	54	0.00	54	
Herfterlaan 47	8026RC	11	72	72		72	0.00	-	72	0.00	72	
Herfterlaan 47	8026RC	11	72	72		72	0.00	-	72	0.00	72	
Herfterlaan 53	8026RD	1	60	55		60	-4.83	-	54	0.00	55	
Herfterlaan 55	8026RD	1	57	53		57	-4.90	-	51	0.00	53	
Herfterlaan 65	8026RD	1	67	62	A	65	-3.19	-	60	0.00	62	
Herfterlaan 65	8026RD	1	67	62	A	65	-3.19	-	60	0.00	62	
Herfterlaan 67	8026RD	1	61	56		61	-5.74	-	54	0.00	56	
Hortensiastraat 1	8013AA	1	62	57		62	-4.96	-	57	0.00	57	
Hortensiastraat 3	8013AA	1	61	56		61	-4.86	-	56	-0.01	56	
Hortensiastraat 5	8013AA	1	60	55		60	-5.01	-	55	0.00	55	
Hortensiastraat 7	8013AA	1	59	55		59	-4.83	-	55	0.00	55	
Hortensiastraat 9	8013AA	1	59	54		59	-4.68	-	54	0.00	54	
Hortensiastraat 11	8013AA	1	58	53		58	-4.60	-	53	0.00	53	
Hortensiastraat 13	8013AA	1	58	53		58	-4.65	-	53	0.00	53	
Hortensiastraat 15	8013AA	1	57	52		57	-4.36	-	52	0.00	52	
Hortensiastraat 17	8013AA	1	56	51		56	-4.39	-	51	-0.02	51	
Hortensiastraat 19	8013AA	1	56	51		56	-4.28	-	51	-0.02	51	
Hortensiastraat 21	8013AA	1	55	51		55	-4.31	-	51	-0.02	51	
Hortensiastraat 23	8013AA	1	55	50		55	-4.64	-	50	-0.02	50	
Hortensiastraat 25	8013AA	1	54	49		55	-5.57	-	49	-0.02	49	
Hortensiastraat 27	8013AA	1	54	50		55	-5.25	-	50	-0.02	50	
Kiekeboslaantje 1	8024PM	1	54	51		55	-3.85	-	52	0.00	51	
Kiekeboslaantje 15	8024PM	1	54	48		55	-6.69	-	49	0.00	48	
Klimopstraat 11	8012DD	1	53	50		55	-4.54	-	50	-0.01	50	
Klimopstraat 13	8012DD	1	53	50		55	-4.65	-	50	-0.01	50	
Klimopstraat 15	8012DD	1	53	50		55	-4.59	-	50	-0.01	50	
Klimopstraat 17	8012DD	1	53	50		55	-4.68	-	50	-0.01	50	
Klimopstraat 18	8012DD	1	54	51		55	-4.46	-	50	-0.01	51	
Klimopstraat 19	8012DD	1	54	51		55	-4.25	-	51	-0.01	51	
Klimopstraat 20	8012DD	1	54	51		55	-4.09	-	51	0.00	51	
Klimopstraat 22	8012DD	1	55	51		55	-3.64	-	51	0.00	51	
Klimopstraat 24	8012DD	1	56	52		56	-3.70	-	52	-0.01	52	
Klimopstraat 26	8012DD	1	56	53		56	-3.40	-	53	0.00	53	
Klimopstraat 28	8012DD	1	57	53		57	-3.71	-	53	-0.01	53	
Kuyerhuislaan 1	8025AT	1	55	46		55	-9.05	-	46	0.00	46	
Kuyerhuislaan 1 A	8025AT	1	57	48		57	-8.71	-	48	0.00	48	

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Kuyerhuislaan 1 B	8025AT	1	54	44		55	-10.83	-	44	0.00	44	
Kuyerhuislaan 2	8025AS	1	58	44		58	-13.78	-	44	-0.02	44	
Kuyerhuislaan 3	8024PC	1	58	49		58	-8.11	-	50	0.00	49	
Kuyerhuislaan 3 A	8024PC	1	55	47		55	-7.54	-	48	0.00	47	
Kuyerhuislaan 3 B	8024PC	1	56	49		56	-7.76	-	49	0.00	49	
Kuyerhuislaan 3 C	8024PC	1	53	44		55	-10.83	-	44	0.00	44	
Kuyerhuislaan 4	8025AS	1	58	49		58	-8.87	-	49	0.05	49	
Kuyerhuislaan 5	8024PC	1	54	48		55	-7.05	-	48	0.00	48	
Kuyerhuislaan 6	8025AS	1	60	49		60	-10.87	-	49	-0.01	49	
Kuyerhuislaan 8	8025AS	1	59	49		59	-10.24	-	49	0.00	49	
Kuyerhuislaan 9	8024PC	1	54	50		55	-5.41	-	50	0.00	50	
Kuyerhuislaan 10	8024PD	1	59	50		59	-8.33	-	50	0.00	50	
Kuyerhuislaan 11	8024PC	1	55	53		55	-2.50	-	53	0.00	53	
Kuyerhuislaan 11 A	8024PC	1	53	50		55	-4.65	-	51	0.00	50	
Kuyerhuislaan 12	8024PD	1	59	50		59	-8.19	-	50	0.00	50	
Kuyerhuislaan 16 A	8024PD	1	55	50		55	-5.01	-	51	0.00	50	
Kuyerhuislaan 16 B	8024PD	1	55	50		55	-4.70	-	51	0.00	50	
Kuyerhuislaan 18	8024PD	1	54	51		55	-4.05	-	51	0.00	51	
Kuyerhuislaan 20	8024PD	1	54	51		55	-4.25	-	51	0.00	51	
Kuyerhuislaan 22	8024PD	1	56	55		56	-1.44	-	55	0.00	55	
Kuyerhuislaan 24	8024PD	1	56	54		56	-1.27	-	54	0.00	54	
Lavendelstraat 1	8013SL	1	52	49		55	-6.00	-	49	-1.31	48	
Lavendelstraat 2	8013SL	1	51	50		55	-4.92	-	50	-1.25	49	
Lavendelstraat 3	8013SL	1	50	49		55	-6.13	-	49	-1.32	48	
Lavendelstraat 4	8013SL	1	51	51		55	-4.02	-	51	-1.46	50	
Lavendelstraat 6	8013SL	1	52	51		55	-3.84	-	51	-1.47	50	
Lavendelstraat 8	8013SL	1	51	51		55	-3.53	-	51	-1.58	50	
Lavendelstraat 9	8013SL	1	50	50		55	-4.60	-	50	-1.46	49	
Lavendelstraat 10	8013SL	1	52	51		55	-3.61	-	51	-1.60	50	
Lavendelstraat 11	8013SL	1	51	51		55	-4.42	-	51	-1.51	49	
Lavendelstraat 12	8013SL	1	52	51		55	-3.67	-	51	-1.67	50	
Lavendelstraat 13	8013SL	1	50	51		55	-3.95	-	51	-1.68	49	
Lavendelstraat 14	8013SL	1	52	52		55	-3.21	-	52	-1.55	50	
Lavendelstraat 15	8013SL	1	51	51		55	-3.59	-	51	-1.75	50	
Lavendelstraat 16	8013SL	1	52	52		55	-3.50	-	52	-1.48	50	
Lavendelstraat 17	8013SL	1	51	52		55	-3.23	-	52	-1.75	50	
Lavendelstraat 18	8013SL	1	51	52		55	-3.12	-	52	-1.59	50	
Lavendelstraat 19	8013SL	1	51	53		55	-2.48	-	53	-2.07	50	
Lavendelstraat 20	8013SL	1	52	52		55	-2.78	-	52	-1.73	50	
Lavendelstraat 21	8013SL	1	51	53		55	-1.98	-	53	-2.04	51	
Lavendelstraat 22	8013SL	1	52	52		55	-2.68	-	52	-1.80	51	
Lavendelstraat 23	8013SL	1	54	56		55	0.58	0.09	56	-2.23	53	
Lavendelstraat 24	8013SL	1	52	53		55	-2.37	-	53	-1.91	51	
Lavendelstraat 25	8013SL	1	58	60		58	2.43	1.83	60	-2.04	58	
Lavendelstraat 26	8013SL	1	51	53		55	-2.16	-	53	-1.83	51	
Lavendelstraat 28	8013SL	1	54	58		55	2.90	2.41	58	-3.44	54	
Lindestraat 84	8012VT	1	52	52		55	-3.19	-	52	0.00	52	
Lindestraat 84 A	8012VT	1	41	40		55	-14.97	-	40	0.00	40	
Lindestraat 84 B	8012VT	1	41	40		55	-14.97	-	40	0.00	40	
Lindestraat 84 C	8012VT	1	46	45		55	-9.57	-	45	0.00	45	
Lindestraat 84 D	8012VT	1	46	45		55	-9.57	-	45	0.00	45	
Lindestraat 84 E	8012VT	1	52	52		55	-3.19	-	52	0.00	52	
Lindestraat 86	8012VT	1	48	48		55	-6.67	-	48	0.00	48	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Lindestraat 86 A	8012VT	1	55	55		55	-0.15	-	55	-0.01	55	
Lobeliastraat 9	8013SV	1	51	48		55	-7.31	-	48	-1.29	46	
Lobeliastraat 10	8013SW	1	51	49		55	-6.31	-	49	-1.19	48	
Lobeliastraat 11	8013SV	1	51	48		55	-6.68	-	48	-1.27	47	
Lobeliastraat 13	8013SV	1	51	48		55	-6.93	-	48	-1.24	47	
Lobeliastraat 22	8013SW	1	50	49		55	-5.79	-	49	-1.20	48	
Lobeliastraat 23	8013SV	1	53	47		55	-8.02	-	47	-0.61	46	
Lobeliastraat 24	8013SW	1	54	47		55	-8.06	-	47	-0.63	46	
Lobeliastraat 25	8013SV	1	53	47		55	-7.94	-	47	-0.57	46	
Lobeliastraat 26	8013SW	1	53	47		55	-8.23	-	47	-0.64	46	
Lobeliastraat 27	8013SV	1	53	47		55	-7.83	-	47	-0.70	46	
Lobeliastraat 28	8013SW	1	53	47		55	-8.30	-	47	-0.68	46	
Lobeliastraat 29	8013SV	1	53	48		55	-6.56	-	48	-1.09	47	
Lobeliastraat 30	8013SW	1	54	47		55	-7.76	-	47	-0.69	47	
Lobeliastraat 31	8013SV	1	53	49		55	-6.35	-	49	-1.18	47	
Lobeliastraat 32	8013SW	1	54	46		55	-8.62	-	46	-0.58	46	
Lobeliastraat 33	8013SV	1	53	48		55	-6.68	-	48	-1.09	47	
Lobeliastraat 34	8013SW	1	55	49		55	-6.34	-	49	-0.43	49	
Lobeliastraat 35	8013SV	1	53	48		55	-7.35	-	48	-0.89	47	
Lobeliastraat 36	8013SW	1	57	51		57	-6.32	-	51	-0.46	50	
Lobeliastraat 37	8013SV	1	53	47		55	-8.08	-	47	-0.73	46	
Lobeliastraat 39	8013SV	1	53	47		55	-8.01	-	47	-0.63	46	
Maatgravenweg 1 A	8024PB	1	57	57		57	0.00	-	57	0.00	57	
Maatgravenweg 1 B	8024PB	1	55	55		55	0.00	-	55	0.00	55	
Maatgravenweg 3	8024PB	1	58	58		58	0.00	-	57	0.00	58	
Maatgravenweg 5	8024PB	1	58	58		58	0.00	-	58	0.00	58	
Maatgravenweg 5 A	8024PB	1	58	58		58	0.01	-	58	0.00	58	
Maatgravenweg 7	8024PB	1	61	61		61	0.00	-	61	0.00	61	
Maatgravenweg 7 A	8024PB	1	61	61		61	0.00	-	61	0.00	61	
Maatgravenweg 10	8024PB	1	56	56		56	0.00	-	56	0.00	56	
Maatgravenweg 20	8026RG	1	62	62		62	0.00	-	62	0.00	62	
Magnoliastraat 1	8013SP	1	60	59		60	-1.32	-	59	-4.27	55	
Magnoliastraat 2	8013SR	1	56	54		56	-1.67	-	54	-0.89	53	
Magnoliastraat 3	8013SP	1	58	57		58	-0.99	-	57	-3.64	54	
Magnoliastraat 4	8013SR	1	55	54		55	-1.41	-	54	-0.78	53	
Magnoliastraat 5	8013SP	1	58	56		58	-1.25	-	56	-3.42	53	
Magnoliastraat 6	8013SR	1	51	50		55	-5.24	-	50	-1.74	48	
Magnoliastraat 7	8013SP	1	57	55		57	-1.35	-	55	-2.83	52	
Magnoliastraat 8	8013SR	1	51	49		55	-6.08	-	49	-0.59	48	
Magnoliastraat 9	8013SP	1	56	54		56	-1.17	-	54	-3.00	51	
Magnoliastraat 10	8013SR	1	48	46		55	-9.23	-	46	-0.09	46	
Magnoliastraat 11	8013SP	1	56	55		56	-1.22	-	55	-2.64	52	
Magnoliastraat 12	8013SR	1	48	45		55	-9.66	-	45	-0.08	45	
Magnoliastraat 13	8013SP	1	55	54		55	-1.01	-	54	-2.32	52	
Magnoliastraat 14	8013SR	1	47	45		55	-9.85	-	45	-0.14	45	
Magnoliastraat 15	8013SP	1	55	54		55	-1.05	-	54	-2.14	52	
Magnoliastraat 16	8013SR	1	47	45		55	-9.77	-	45	-0.10	45	
Magnoliastraat 17	8013SP	1	53	53		55	-2.48	-	53	-2.02	50	
Magnoliastraat 18	8013SR	1	47	45		55	-10.14	-	45	-0.16	45	
Magnoliastraat 19	8013SP	1	52	52		55	-3.44	-	52	-1.62	50	
Magnoliastraat 20	8013SR	1	47	45		55	-9.99	-	45	-0.13	45	
Magnoliastraat 21	8013SP	1	51	50		55	-5.38	-	50	-1.48	48	
Magnoliastraat 22	8013SR	1	46	45		55	-9.71	-	45	-0.77	45	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Magnoliastraat 23	8013SP	1	49	48		55	-6.79	-	48	-2.04	46	
Magnoliastraat 24	8013SR	1	46	45		55	-9.66	-	45	-0.73	45	
Magnoliastraat 25	8013SP	1	49	48		55	-7.42	-	48	-1.64	46	
Magnoliastraat 26	8013SR	1	41	39		55	-16.00	-	39	-0.24	39	
Magnoliastraat 26 A	8013SR	1	47	46		55	-9.48	-	46	-0.74	45	
Magnoliastraat 27	8013SP	1	48	46		55	-8.81	-	46	-0.79	45	
Magnoliastraat 28	8013SR	1	41	39		55	-15.93	-	39	-0.29	39	
Magnoliastraat 28 A	8013SR	1	46	46		55	-9.35	-	46	-0.63	45	
Magnoliastraat 29	8013SP	1	47	46		55	-8.96	-	46	-0.75	45	
Magnoliastraat 30	8013ST	1	47	47		55	-7.93	-	47	-0.88	46	
Magnoliastraat 30 A	8013ST	1	41	41		55	-14.19	-	41	-0.77	40	
Magnoliastraat 31	8013SP	1	42	41		55	-13.51	-	41	-1.54	40	
Magnoliastraat 32	8013ST	1	43	44		55	-11.47	-	44	-2.35	41	
Magnoliastraat 32 A	8013ST	1	48	48		55	-7.50	-	48	-1.24	46	
Magnoliastraat 33	8013SP	1	45	44		55	-11.37	-	44	-0.99	43	
Magnoliastraat 34	8013ST	1	49	50		55	-4.96	-	50	-1.72	48	
Magnoliastraat 34 A	8013ST	1	42	42		55	-12.61	-	42	-1.03	41	
Magnoliastraat 35	8013SP	1	41	39		55	-15.55	-	39	-0.16	39	
Magnoliastraat 36	8013ST	1	50	52		55	-3.32	-	52	-2.21	49	
Magnoliastraat 36 A	8013ST	1	45	46		55	-8.71	-	46	-2.37	44	
Magnoliastraat 37	8013SP	1	44	42		55	-12.63	-	42	-0.17	42	
Magnoliastraat 38	8013ST	1	54	56		55	1.41	0.92	56	-2.84	54	
Magnoliastraat 38 A	8013ST	1	49	53		55	-1.69	-	53	-4.77	49	
Magnoliastraat 39	8013SP	1	47	46		55	-9.08	-	46	-0.75	45	
Magnoliastraat 41	8013SP	1	41	40		55	-15.47	-	40	-0.30	39	
Magnoliastraat 43	8013SP	1	44	42		55	-12.63	-	42	-0.31	42	
Magnoliastraat 43	8013SP	1	44	42		55	-12.63	-	42	-0.17	42	
Magnoliastraat 45	8013SP	1	41	40		55	-15.47	-	40	-0.30	39	
Magnoliastraat 47	8013SP	1	44	42		55	-12.63	-	42	-0.31	42	
Magnoliastraat 49	8013SP	1	47	45		55	-9.93	-	45	-0.23	45	
Meidoornplein 16	8013TR	1	53	46		55	-8.67	-	46	-0.13	46	
Mimosastraat 1 C	8013SB	1	59	56		59	-3.23	-	56	0.00	56	
Mimosastraat 2 A	8013SB	1	66	62		66	-4.69	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 2 B	8013SB	1	66	62		66	-4.69	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 2 C	8013SB	1	66	62		66	-4.69	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 2 D	8013SB	1	67	62		67	-4.74	-	62	0.00	62	
Mimosastraat 2 E	8013SB	1	67	62		67	-4.74	-	62	0.00	62	
Mimosastraat 2 F	8013SB	1	51	47		55	-8.26	-	47	-0.02	47	
Mimosastraat 2 G	8013SB	1	51	47		55	-8.26	-	47	-0.02	47	
Mimosastraat 2 S	8013SB	1	60	56		60	-4.44	-	56	0.00	56	
Mimosastraat 2 T	8013SB	1	60	56		60	-4.44	-	56	0.00	56	
Mimosastraat 2 U	8013SB	1	65	61		65	-4.81	-	61	0.00	61	
Mimosastraat 3 A	8013SB	1	67	62		67	-4.84	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 3 B	8013SB	1	67	62		67	-4.84	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 3 C	8013SB	1	67	62		67	-4.84	-	62	-0.01	62	
Mimosastraat 3 D	8013SB	1	68	62		68	-5.38	-	62	0.00	62	
Mimosastraat 3 E	8013SB	1	68	62		68	-5.38	-	62	0.00	62	
Mimosastraat 3 F	8013SB	1	50	47		55	-7.79	-	47	-0.28	47	
Mimosastraat 3 G	8013SB	1	50	47		55	-7.79	-	47	-0.28	47	
Mimosastraat 3 M	8013SB	1	55	51		55	-4.00	-	51	-0.08	51	
Mimosastraat 3 N	8013SB	1	55	51		55	-4.00	-	51	-0.08	51	
Mimosastraat 3 O	8013SB	1	55	51		55	-4.00	-	51	-0.08	51	
Mimosastraat 3 P	8013SB	1	60	55		60	-4.29	-	55	0.00	55	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Mimosastraat 3 Q	8013SB	1	60	55		60	-4.29	-	55	0.00	55	
Mimosastraat 3 R	8013SB	1	60	55		60	-4.29	-	55	0.00	55	
Mimosastraat 3 S	8013SB	1	61	57		61	-4.22	-	57	0.00	57	
Mimosastraat 3 T	8013SB	1	61	57		61	-4.22	-	57	0.00	57	
Mimosastraat 4	8013SB	1	63	61		63	-2.40	-	61	-0.04	61	
Mimosastraat 4 A	8013SB	1	66	61		66	-4.69	-	61	-0.01	61	
Mimosastraat 5	8013SB	1	66	63		66	-3.83	-	63	-0.02	63	
Mimosastraat 6	8013SB	1	68	63		68	-5.20	-	63	-0.02	63	
Mimosastraat 7	8013SB	1	63	61		63	-2.39	-	61	-0.05	61	
Mimosastraat 8	8013SB	1	67	63		67	-3.89	-	63	-0.03	63	
Mimosastraat 9	8013SB	1	68	63		68	-5.26	-	63	-0.03	63	
Mimosastraat 10	8013SB	1	63	61		63	-2.38	-	61	-0.04	61	
Mimosastraat 11	8013SB	1	67	63		67	-3.94	-	63	-0.03	63	
Mimosastraat 12	8013SB	1	69	63		69	-5.33	-	63	-0.03	63	
Mimosastraat 13	8013SB	1	64	61		64	-2.36	-	61	-0.06	61	
Mimosastraat 14	8013SB	1	67	63		67	-3.98	-	63	-0.04	63	
Mimosastraat 15	8013SB	1	69	63		69	-5.39	-	63	-0.04	63	
Mimosastraat 16	8013SB	1	64	61		64	-2.29	-	61	-0.06	61	
Mimosastraat 17	8013SB	1	67	63		67	-3.96	-	63	-0.05	63	
Mimosastraat 18	8013SB	1	69	64		69	-5.38	-	64	-0.04	64	
Mimosastraat 19	8013SB	1	64	62		64	-2.29	-	62	-0.08	62	
Mimosastraat 20	8013SB	1	67	63		67	-4.00	-	63	-0.05	63	
Mimosastraat 21	8013SB	1	69	64		69	-5.39	-	64	-0.05	64	
Mimosastraat 22	8013SB	1	64	62		64	-1.92	-	62	-0.08	62	
Mimosastraat 23	8013SB	1	67	64		67	-3.85	-	64	-0.06	64	
Mimosastraat 24	8013SB	1	69	64		69	-5.28	-	64	-0.06	64	
Mimosastraat 25	8013SB	1	64	62		64	-1.93	-	62	-0.10	62	
Mimosastraat 26	8013SB	1	68	64		68	-3.89	-	64	-0.07	64	
Mimosastraat 27	8013SB	1	69	64		69	-5.29	-	64	-0.07	64	
Mimosastraat 28	8013SC	1	64	63		64	-0.47	-	63	-0.55	63	
Mimosastraat 29	8013SC	1	67	65		67	-2.53	-	65	-0.53	64	
Mimosastraat 30	8013SC	1	68	65		68	-3.60	-	65	-0.40	64	
Mimosastraat 31	8013SC	1	64	63		64	-0.26	-	63	-0.84	63	
Mimosastraat 32	8013SC	1	67	65		67	-2.34	-	65	-0.80	64	
Mimosastraat 33	8013SC	1	68	65		68	-3.40	-	65	-0.58	64	
Mimosastraat 34	8013SC	1	64	64		64	-0.34	-	64	-1.34	62	
Mimosastraat 35	8013SC	1	67	65		67	-2.39	-	65	-1.25	64	
Mimosastraat 36	8013SC	1	68	65		68	-3.37	-	65	-0.89	64	
Mimosastraat 37	8013SC	1	64	64		64	-0.27	-	64	-1.90	62	
Mimosastraat 38	8013SC	1	67	65		67	-2.37	-	65	-1.71	63	
Mimosastraat 39	8013SC	1	68	65		68	-3.32	-	65	-1.16	64	
Mimosastraat 40	8013SC	1	64	64		64	-0.21	-	64	-4.11	60	
Mimosastraat 41	8013SC	1	67	65		67	-2.19	-	65	-3.43	62	
Mimosastraat 42	8013SC	1	68	65		68	-3.05	-	65	-2.13	63	
Mimosastraat 43	8013SC	1	64	64		64	-0.09	-	64	-4.40	59	
Mimosastraat 44	8013SC	1	67	65		67	-2.10	-	65	-3.70	61	
Mimosastraat 45	8013SC	1	68	65		68	-3.01	-	65	-2.30	63	
Mimosastraat 46	8013SC	1	63	64		63	0.45	0.21	64	-4.60	59	
Mimosastraat 47	8013SC	1	67	65		67	-1.74	-	65	-3.96	61	
Mimosastraat 48	8013SC	1	68	65		68	-2.82	-	65	-2.49	63	
Mimosastraat 49	8013SC	1	63	64		63	0.77	0.20	64	-4.78	59	
Mimosastraat 50	8013SC	1	67	65		67	-1.52	-	65	-4.12	61	
Mimosastraat 51	8013SC	1	68	65		68	-2.71	-	65	-2.63	62	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Mimosastraat 52	8013SE	1	62	64		62	1.36	1.11	64	-4.90	59	
Mimosastraat 53	8013SE	1	66	65		66	-1.20	-	65	-4.27	61	
Mimosastraat 54	8013SE	1	68	65		68	-2.58	-	65	-2.87	62	
Mimosastraat 55	8013SE	1	62	64		62	1.60	1.04	64	-4.93	59	
Mimosastraat 56	8013SE	1	66	65		66	-0.95	-	65	-4.30	61	
Mimosastraat 57	8013SE	1	67	65		67	-2.47	-	65	-2.95	62	
Mimosastraat 58	8013SE	1	61	63		61	2.12	1.95	63	-4.99	58	
Mimosastraat 59	8013SE	1	65	65		65	-0.45	-	65	-4.38	61	
Mimosastraat 60	8013SE	1	67	65		67	-2.21	-	65	-3.17	62	
Mimosastraat 61	8013SE	1	61	63		61	2.29	1.91	63	-5.09	58	
Mimosastraat 62	8013SE	1	65	65		65	-0.22	-	65	-4.46	60	
Mimosastraat 63	8013SE	1	67	65		67	-2.06	-	65	-3.30	62	
Mimosastraat 64	8013SE	1	61	63		61	2.78	1.85	63	-5.08	58	
Mimosastraat 65	8013SE	1	65	65		65	0.32	-	65	-4.48	60	
Mimosastraat 66	8013SE	1	66	65		66	-1.59	-	65	-3.42	61	
Mimosastraat 67	8013SE	1	60	63		60	3.07	2.74	63	-4.99	58	
Mimosastraat 68	8013SE	1	64	65		64	0.65	0.27	65	-4.39	60	
Mimosastraat 69	8013SE	1	66	65		66	-1.25	-	65	-3.42	61	
Mimosastraat 70	8013SE	1	60	63		60	3.38	2.65	63	-4.93	58	
Mimosastraat 71	8013SE	1	64	65		64	1.03	0.22	65	-4.35	60	
Mimosastraat 72	8013SE	1	66	65		66	-0.90	-	65	-3.47	61	
Mimosastraat 73	8013SE	1	59	63		59	3.71	3.69	63	-4.85	58	
Mimosastraat 74	8013SE	1	63	65		63	1.45	1.26	65	-4.26	60	
Mimosastraat 75	8013SE	1	65	65		65	-0.47	-	65	-3.48	61	
Mimosastraat 76	8013SG	1	59	63		59	4.09	3.61	63	-4.93	58	
Mimosastraat 77	8013SG	1	63	65		63	1.88	1.26	65	-4.29	60	
Mimosastraat 78	8013SG	1	65	65		65	0.00	-	65	-3.58	61	
Mimosastraat 79	8013SG	1	59	63		59	4.04	3.59	63	-4.92	58	
Mimosastraat 80	8013SG	1	63	65		63	1.98	1.20	65	-4.22	60	
Mimosastraat 81	8013SG	1	64	65		64	0.14	0.07	65	-3.58	61	
Mimosastraat 82	8013SG	1	59	63		59	4.35	3.48	63	-4.98	58	
Mimosastraat 83	8013SG	1	62	65		62	2.27	2.16	65	-4.19	60	
Mimosastraat 84	8013SG	1	64	65		64	0.43	0.02	65	-3.58	61	
Mimosastraat 85	8013SG	1	59	63		59	4.30	3.52	63	-5.07	58	
Mimosastraat 86	8013SG	1	62	65		62	2.39	2.17	65	-4.17	60	
Mimosastraat 87	8013SG	1	64	65		64	0.63	0.01	65	-3.60	61	
Mimosastraat 88	8013SG	1	59	63		59	4.25	3.34	63	-5.18	58	
Mimosastraat 89	8013SG	1	62	65		62	2.32	2.01	65	-4.07	60	
Mimosastraat 90	8013SG	1	64	64		64	0.65	-	64	-3.50	61	
Mimosastraat 91	8013SG	1	59	63		59	4.04	3.22	63	-5.33	57	
Mimosastraat 92	8013SG	1	62	64		62	2.29	1.88	64	-3.94	60	
Mimosastraat 93	8013SG	1	64	64		64	0.73	-	64	-3.39	61	
Mimosastraat 94	8013SG	1	58	62		58	4.04	3.58	62	-5.24	57	
Mimosastraat 95	8013SG	1	62	64		62	2.62	1.77	64	-3.73	61	
Mimosastraat 96	8013SG	1	63	64		63	0.93	0.63	64	-3.19	61	
Mimosastraat 97	8013SG	1	58	62		58	4.04	3.58	62	-5.24	57	
Mimosastraat 98	8013SG	1	62	64		62	2.47	1.50	64	-3.55	60	
Mimosastraat 99	8013SG	1	63	64		63	0.83	0.43	64	-2.99	61	
Mimosastraat 101	8013SH	1	53	58		55	2.83	2.34	58	-4.52	53	
Mimosastraat 102	8013SH	1	53	58		55	3.11	2.62	58	-5.21	53	
Mimosastraat 103	8013SH	1	49	47		55	-8.38	-	47	-0.36	46	
Mimosastraat 104	8013SH	1	57	60		57	3.39	2.70	60	-3.32	57	
Mimosastraat 105	8013SH	1	57	60		57	3.39	2.70	60	-3.32	57	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Mimosastraat 106	8013SH	1	57	60		57	3.33	3.00	60	-3.53	57	
Mimosastraat 107	8013SH	1	54	48		55	-6.97	-	48	-0.52	48	
Mimosastraat 108	8013SH	1	57	60		57	3.23	2.25	60	-2.84	57	
Mimosastraat 109	8013SH	1	57	60		57	3.23	2.25	60	-2.84	57	
Mimosastraat 110	8013SH	1	57	60		57	3.23	2.25	60	-2.84	57	
Mimosastraat 111	8013SH	1	57	60		57	3.23	2.25	60	-2.84	57	
Mimosastraat 112	8013SH	1	59	61		59	2.62	1.89	61	-2.77	59	
Mimosastraat 113	8013SH	1	59	61		59	2.62	1.89	61	-2.77	59	
Mimosastraat 114	8013SH	1	59	62		59	2.62	2.12	62	-2.93	59	
Mimosastraat 115	8013SH	1	51	47		55	-8.07	-	47	-0.44	46	
Mimosastraat 116	8013SH	1	58	61		58	2.31	2.31	61	-2.47	58	
Mimosastraat 117	8013SH	1	58	61		58	2.31	2.31	61	-2.47	58	
Mimosastraat 118	8013SH	1	58	61		58	2.31	2.31	61	-2.47	58	
Mimosastraat 119	8013SH	1	58	61		58	2.31	2.31	61	-2.47	58	
Mimosastraat 120	8013SH	1	59	62		59	2.04	2.02	62	-2.53	59	
Mimosastraat 121	8013SH	1	59	62		59	2.04	2.02	62	-2.53	59	
Mimosastraat 122	8013SH	1	60	62		60	1.98	1.19	62	-2.67	59	
Mimosastraat 123	8013SH	1	46	42		55	-12.78	-	42	-0.64	42	
Mimosastraat 124	8013SH	1	59	61		59	1.82	1.57	61	-2.29	59	
Mimosastraat 125	8013SH	1	59	61		59	1.82	1.57	61	-2.29	59	
Mimosastraat 126	8013SH	1	59	61		59	1.82	1.57	61	-2.29	59	
Mimosastraat 127	8013SH	1	59	61		59	1.82	1.57	61	-2.29	59	
Mimosastraat 128	8013SH	1	58	60		58	2.38	1.74	60	-1.98	58	
Mimosastraat 129	8013SH	1	58	60		58	2.35	1.67	60	-1.95	58	
Mimosastraat 130	8013SH	1	58	60		58	2.43	1.60	60	-1.92	58	
Mimosastraat 131	8013SH	1	58	60		58	2.41	1.47	60	-1.88	58	
Mimosastraat 132	8013SH	1	58	60		58	2.48	1.49	60	-1.87	58	
Mimosastraat 133	8013SH	1	58	59		58	1.91	0.95	59	-1.70	58	
Mimosastraat 134	8013SH	1	58	59		58	1.60	0.93	59	-1.67	58	
Mimosastraat 135	8013SH	1	58	59		58	1.56	0.85	59	-1.66	58	
Mimosastraat 136	8013SH	1	58	59		58	1.40	0.78	59	-1.65	58	
Mimosastraat 137	8013SH	1	58	59		58	1.22	0.68	59	-1.63	58	
Mimosastraat 150	8013SH	1	59	61		59	2.11	1.57	61	-1.65	59	
Mimosastraat 151	8013SH	1	59	61		59	2.11	1.57	61	-1.65	59	
Mimosastraat 152	8013SH	1	59	61		59	2.11	1.57	61	-1.65	59	
Mimosastraat 153	8013SH	1	59	61		59	2.11	1.57	61	-1.65	59	
Mimosastraat 154	8013SH	1	59	61		59	2.11	1.57	61	-1.65	59	
Molenweg 1	8012WB	1	53	52		55	-3.01	-	52	0.00	52	
Molenweg 2	8012WK	1	54	53		55	-2.48	-	53	0.00	53	
Molenweg 2 A	8012WK	1	53	52		55	-3.32	-	52	0.00	52	
Molenweg 2 B	8012WK	1	54	53		55	-2.48	-	53	0.00	53	
Molenweg 2 C	8012WK	1	53	52		55	-3.32	-	52	0.00	52	
Molenweg 2 D	8012WK	1	51	50		55	-4.70	-	50	0.00	50	
Molenweg 2 E	8012WK	1	51	50		55	-4.70	-	50	0.00	50	
Molenweg 4	8012WK	1	54	53		55	-2.48	-	53	0.00	53	
Molenweg 4 A	8012WK	1	53	52		55	-3.32	-	52	0.00	52	
Molenweg 4 B	8012WK	1	51	50		55	-4.70	-	50	0.00	50	
Molenweg 4 C	8012WK	1	51	50		55	-4.70	-	50	0.00	50	
Molenweg 4 D	8012WK	1	54	53		55	-2.48	-	53	0.00	53	
Molenweg 4 E	8012WK	1	53	52		55	-3.32	-	52	0.00	52	
Morsestraat 1	8013PP	1	57	46		57	-10.86	-	46	-0.01	46	
Oldermannenlaan 1	8014NE	1	57	56		57	-0.57	-	56	0.00	56	
Oldermannenlaan 3	8014NE	1	57	56		57	-0.77	-	56	-0.02	56	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Oldermannenlaan 5	8014NE	1	56	55		56	-0.45	-	55	0.00	55	
Oldermannenlaan 9	8014NE	1	53	52		55	-2.93	-	52	0.00	52	
Oldermannenlaan 11	8014NE	1	57	56		57	-0.69	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 13	8014NE	1	56	56		56	-0.65	-	56	0.00	56	
Oldermannenlaan 15	8014NE	1	57	56		57	-0.73	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 19	8014NE	1	56	55		56	-0.58	-	55	-0.01	55	
Oldermannenlaan 21	8014NE	1	55	55		55	-0.57	-	55	0.00	55	
Oldermannenlaan 23	8014NE	1	55	55		55	-0.72	-	55	0.00	55	
Oldermannenlaan 25	8014NE	1	53	52		55	-2.92	-	52	0.00	52	
Oldermannenlaan 27	8014NE	1	56	55		56	-0.72	-	56	-0.01	55	
Oldermannenlaan 29	8014NE	1	57	56		57	-0.81	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 33	8014NE	1	56	55		56	-0.68	-	55	0.00	55	
Oldermannenlaan 35	8014NE	1	57	56		57	-0.84	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 39	8014NE	1	56	55		56	-0.77	-	56	0.00	55	
Oldermannenlaan 41	8014NE	1	57	56		57	-0.93	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 43	8014NE	1	55	55		55	-0.73	-	55	0.00	55	
Oldermannenlaan 45	8014NE	1	55	55		55	-0.79	-	55	-0.01	55	
Oldermannenlaan 47	8014NE	1	57	56		57	-0.90	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 49	8014NE	1	52	51		55	-3.51	-	52	0.00	51	
Oldermannenlaan 51	8014NG	1	57	56		57	-1.07	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 53	8014NG	1	52	51		55	-3.66	-	52	0.00	51	
Oldermannenlaan 57	8014NG	1	55	54		55	-0.85	-	55	0.00	54	
Oldermannenlaan 59	8014NG	1	55	55		55	-0.94	-	55	-0.01	55	
Oldermannenlaan 61	8014NG	1	57	56		57	-0.98	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 63	8014NG	1	56	55		56	-0.96	-	56	-0.01	55	
Oldermannenlaan 65	8014NG	1	57	56		57	-1.02	-	56	-0.02	56	
Oldermannenlaan 69	8014NG	1	52	51		55	-3.75	-	52	0.00	51	
Oldermannenlaan 71	8014NG	1	55	54		55	-0.93	-	55	0.00	54	
Oldermannenlaan 73	8014NG	1	57	56		57	-1.02	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 75	8014NG	1	56	55		56	-0.93	-	56	0.00	55	
Oldermannenlaan 77	8014NG	1	55	55		55	-0.90	-	55	-0.01	54	
Oldermannenlaan 79	8014NG	1	56	56		56	-0.83	-	56	0.00	56	
Oldermannenlaan 81	8014NG	1	55	55		55	-0.80	-	55	-0.01	55	
Oldermannenlaan 83	8014NG	1	57	56		57	-0.91	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 85	8014NG	1	57	56		57	-0.93	-	56	-0.01	56	
Oldermannenlaan 89	8014NG	1	52	51		55	-3.67	-	52	0.00	51	
Oldermannenlaan 91	8014NG	1	55	55		55	-0.77	-	55	-0.01	55	
Oosterlaan 2	8011GA	1	57	56		57	-0.85	-	56	0.00	56	
Oosterlaan 4	8011GA	1	58	57		58	-0.78	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 6	8011GA	1	57	56		57	-1.06	-	56	0.00	56	
Oosterlaan 6 A	8011GA	1	59	58		59	-1.01	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 7	8011GA	1	58	57		58	-1.18	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 7 A	8011GA	1	59	58		59	-1.15	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 8	8011GA	1	55	54		55	-1.14	-	54	0.00	54	
Oosterlaan 8 A	8011GA	1	60	58		60	-1.62	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 8 B	8011GA	1	58	57		58	-1.49	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 9	8011GA	1	55	54		55	-1.39	-	54	0.00	54	
Oosterlaan 9 A	8011GA	1	58	56		58	-1.38	-	56	0.00	56	
Oosterlaan 9 B	8011GA	1	59	57		59	-1.53	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 10	8011GA	1	60	58		60	-1.79	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 10 A	8011GA	1	58	57		58	-1.60	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 11	8011GC	1	59	57		59	-1.62	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 11 A	8011GC	1	56	54		56	-1.17	-	54	0.00	54	

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Oosterlaan 11 B	8011GC	1	60	58		60	-1.83	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 12	8011GC	1	59	58		59	-1.82	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 12 A	8011GC	1	58	56		58	-1.58	-	56	0.00	56	
Oosterlaan 12 B	8011GC	1	55	54		55	-1.12	-	54	0.00	54	
Oosterlaan 13	8011GC	1	60	58		60	-2.03	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 17	8011GC	1	59	57		59	-1.94	-	57	0.00	57	
Oosterlaan 22	8011GC	1	60	58		60	-2.03	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 23	8011GC	1	60	58		60	-1.96	-	58	0.00	58	
Oosterlaan 24	8011GC	1	60	58		60	-2.03	-	58	0.00	58	
Oude Almeloseweg 2	8025AP	1	58	46		58	-12.12	-	45	-0.01	46	
Oude Almeloseweg 2 A	8025AP	1	56	40		56	-16.02	-	40	0.04	40	
Oude Almeloseweg 2 B	8025AP	1	56	41		56	-15.05	-	41	0.04	41	
Oude Almeloseweg 2 C	8025AP	1	58	43		58	-14.76	-	43	0.03	43	
Oude Almeloseweg 3	8025AN	1	54	44		55	-11.05	-	44	0.00	44	
Oude Almeloseweg 4	8025AP	1	59	47		59	-12.32	-	47	-0.01	47	
Oude Almeloseweg 6	8025AP	1	59	48		59	-11.52	-	47	0.09	48	
Oude Almeloseweg 8	8025AP	1	59	48		59	-10.97	-	48	0.00	48	
Oude Almeloseweg 10	8025AP	1	61	50		61	-10.53	-	50	0.00	50	
Oude Almeloseweg 12	8025AP	1	61	50		61	-10.66	-	50	-0.03	50	
Oude Almeloseweg 14	8025AP	1	60	49		60	-11.21	-	49	-0.03	49	
Oude Almeloseweg 16	8025AP	1	61	50		61	-11.07	-	49	0.00	50	
Oude Almeloseweg 18	8025AP	1	62	52		62	-10.39	-	51	-0.02	52	
Oude Almeloseweg 20	8025AP	1	62	52		62	-10.90	-	51	-0.02	52	
Oude Almeloseweg 22	8025AP	1	61	51		61	-9.59	-	51	0.04	51	
Oude Almeloseweg 24	8025AP	1	62	50		62	-11.69	-	50	-0.01	50	
Oude Almeloseweg 26	8025AP	1	63	53		63	-10.56	-	52	0.03	53	
Oude Dalfserweg 1	8026PW	1	55	50		55	-5.47	-	49	0.00	50	
Oude Dalfserweg 1 A	8026PW	1	57	52		57	-5.44	-	51	0.00	52	
Oude Dalfserweg 2	8026PW	1	57	52		57	-5.38	-	51	0.00	52	
Oude Dalfserweg 7	8026PW	1	69	63	A	65	-2.28	-	61	0.00	63	
Oude Deventerstraatweg 13	8017BA	1	53	50		55	-4.69	-	50	0.02	50	
Oude Deventerstraatweg 15	8017BA	1	53	51		55	-3.94	-	51	0.00	51	
Oude Deventerstraatweg 17	8017BA	1	53	51		55	-4.26	-	51	0.00	51	
Oude Deventerstraatweg 49	8017BA	1	54	51		55	-4.04	-	51	0.01	51	
Pioenstraat 19	8013TE	1	52	46		55	-8.61	-	46	-0.17	46	
Primulastraat 22	8013XG	1	55	49		55	-5.86	-	49	-0.46	49	
Primulastraat 24	8013XG	1	55	49		55	-5.74	-	49	-0.45	49	
Primulastraat 26	8013XG	1	57	48		57	-8.96	-	48	-0.55	48	
Primulastraat 28	8013XG	1	56	48		56	-8.47	-	48	-0.55	47	
Primulastraat 30	8013XG	1	55	50		55	-5.36	-	50	-0.51	49	
Primulastraat 32	8013XG	1	55	51		55	-3.91	-	51	-0.84	50	
Primulastraat 34	8013XH	1	55	51		55	-4.26	-	51	-0.67	50	
Primulastraat 36	8013XH	1	55	51		55	-4.45	-	51	-0.57	50	
Primulastraat 38	8013XH	1	56	51		56	-5.09	-	51	-0.60	50	
Primulastraat 40	8013XH	1	56	51		56	-4.84	-	51	-0.59	50	
Primulastraat 42	8013XH	1	55	51		55	-4.33	-	51	-0.60	51	
Primulastraat 44	8013XH	1	56	51		56	-4.30	-	51	-0.63	51	
Primulastraat 46	8013XH	1	57	52		57	-5.40	-	52	-0.69	51	
Primulastraat 48	8013XH	1	56	52		56	-4.24	-	52	-0.66	51	
Primulastraat 50	8013XH	1	56	52		56	-3.92	-	52	-0.71	51	
Primulastraat 52	8013XH	1	56	52		56	-4.12	-	52	-0.73	52	
Primulastraat 54	8013XH	1	56	52		56	-3.89	-	52	-0.68	51	
Primulastraat 56	8013XH	1	57	52		57	-4.20	-	52	-0.75	52	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Primulastraat 58	8013SJ	1	58	59		58	0.93	0.63	59	-1.59	58	
Ranonkelstraat 1	8013SK	1	51	50		55	-5.29	-	50	-1.34	48	
Ranonkelstraat 2	8013SK	1	50	50		55	-5.34	-	50	-1.25	48	
Ranonkelstraat 3	8013SK	1	51	50		55	-5.01	-	50	-1.38	49	
Ranonkelstraat 4	8013SK	1	51	50		55	-5.06	-	50	-1.35	49	
Ranonkelstraat 5	8013SK	1	51	50		55	-4.96	-	50	-1.38	49	
Ranonkelstraat 6	8013SK	1	51	50		55	-4.77	-	50	-1.37	49	
Ranonkelstraat 7	8013SK	1	52	50		55	-4.74	-	50	-1.37	49	
Ranonkelstraat 8	8013SK	1	51	50		55	-4.63	-	50	-1.43	49	
Ranonkelstraat 9	8013SK	1	52	51		55	-3.57	-	51	-1.49	50	
Ranonkelstraat 10	8013SK	1	51	51		55	-3.97	-	51	-1.50	50	
Ranonkelstraat 11	8013SK	1	52	52		55	-3.43	-	52	-1.52	50	
Ranonkelstraat 12	8013SK	1	51	51		55	-3.95	-	51	-1.47	50	
Ranonkelstraat 13	8013SK	1	52	52		55	-3.38	-	52	-1.55	50	
Ranonkelstraat 14	8013SK	1	51	51		55	-3.98	-	51	-1.49	50	
Ranonkelstraat 15	8013SK	1	52	52		55	-3.26	-	52	-1.55	50	
Ranonkelstraat 16	8013SK	1	52	51		55	-3.58	-	51	-1.51	50	
Ranonkelstraat 17	8013SK	1	52	52		55	-2.90	-	52	-1.57	51	
Ranonkelstraat 18	8013SK	1	52	52		55	-3.47	-	52	-1.50	50	
Ranonkelstraat 19	8013SK	1	52	53		55	-2.27	-	53	-1.65	51	
Ranonkelstraat 20	8013SK	1	52	52		55	-3.06	-	52	-1.54	50	
Ranonkelstraat 21	8013SK	1	52	53		55	-1.88	-	53	-1.67	51	
Ranonkelstraat 22	8013SK	1	52	52		55	-2.73	-	52	-1.55	51	
Ranonkelstraat 23	8013SK	1	53	54		55	-1.18	-	54	-1.69	52	
Ranonkelstraat 24	8013SK	1	52	52		55	-2.70	-	52	-1.55	51	
Ranonkelstraat 25	8013SK	1	58	60		58	2.04	1.05	60	-1.74	58	
Ranonkelstraat 26	8013SK	1	58	60		58	2.30	1.36	60	-1.83	58	
Seringenstraat 12	8012XE	1	53	50		55	-4.74	-	50	0.00	50	
Seringenstraat 44	8013SZ	1	56	53		56	-3.49	-	53	-0.01	53	
Seringenstraat 46	8013SZ	1	59	56		59	-3.14	-	56	-0.05	56	
Seringenstraat 48	8013SZ	1	59	56		59	-3.17	-	56	-0.05	56	
Seringenstraat 50	8013SZ	1	59	56		59	-3.39	-	56	-0.08	56	
Seringenstraat 52	8013SZ	1	59	56		59	-3.65	-	56	-0.07	56	
Seringenstraat 54	8013SZ	1	59	55		59	-3.72	-	55	-0.06	55	
Seringenstraat 56	8013SZ	1	59	55		59	-3.92	-	55	-0.06	55	
Seringenstraat 58	8013SZ	1	59	55		59	-3.82	-	55	-0.01	55	
Seringenstraat 60	8013SZ	1	57	53		57	-3.64	-	53	-0.03	53	
Seringenstraat 62	8013SZ	1	56	52		56	-4.37	-	52	-0.03	52	
Seringenstraat 64	8013SZ	1	56	52		56	-3.59	-	52	-0.13	52	
Seringenstraat 66	8013SZ	1	55	52		55	-3.02	-	52	-0.02	52	
Seringenstraat 68	8013SZ	1	54	52		55	-3.10	-	52	-0.03	52	
Seringenstraat 70	8013SZ	1	54	53		55	-2.49	-	52	-0.03	52	
Seringenstraat 72	8013SZ	1	57	55		57	-1.41	-	55	0.00	55	
Seringenstraat 73	8013SX	1	53	48		55	-6.54	-	48	-0.01	48	
Seringenstraat 74	8013SZ	1	57	55		57	-1.99	-	55	0.00	55	
Seringenstraat 85	8013SX	1	51	48		55	-6.78	-	48	-0.01	48	
Sorghvlietweg 2	8026RJ	11	56	52		56	-4.03	-	51	0.00	52	
Sorghvlietweg 2 A	8026RJ	1	57	52		57	-5.60	-	50	0.00	52	
Sorghvlietweg 2 B	8026RJ	1	57	51		57	-5.76	-	49	0.00	51	
Sorghvlietweg 2 C	8026RJ	1	64	58		64	-5.31	-	57	0.00	58	
Sorghvlietweg 4	8026RJ	1	65	59		65	-6.21	-	57	0.00	59	
Sorghvlietweg 8	8026RJ	1	57	51		57	-6.18	-	49	0.00	51	
Sorghvlietweg 10	8026RJ	1	53	53		55	-1.58	-	53	0.00	53	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Sorghvlietweg 12	8026RJ	1	56	56		56	-0.09	-	56	0.00	56	
Sorghvlietweg 14	8026RJ	1	57	57		57	0.00	-	57	0.00	57	
Sorghvlietweg 16	8026RJ	1	65	65		65	0.01	-	65	0.00	65	
Spoorstraat 18	8012AV	1	54	53		55	-1.90	-	53	0.00	53	
Spoorstraat 29	8012AV	1	54	53		55	-2.45	-	53	0.00	53	
Stickerbelt 19	8014NC	1	52	51		55	-3.88	-	51	-0.19	51	
Stockholmstraat 2	8017JA	1	53	52		55	-3.15	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 2 A	8017JA	1	50	49		55	-5.72	-	49	0.00	49	
Stockholmstraat 2 B	8017JA	1	51	50		55	-4.84	-	50	0.00	50	
Stockholmstraat 4	8017JA	1	51	50		55	-4.84	-	50	0.00	50	
Stockholmstraat 4 A	8017JA	1	50	49		55	-5.72	-	49	0.00	49	
Stockholmstraat 4 B	8017JA	1	53	52		55	-2.66	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 6	8017JA	1	52	51		55	-3.97	-	51	0.00	51	
Stockholmstraat 6 A	8017JA	1	48	48		55	-7.45	-	48	0.00	48	
Stockholmstraat 6 B	8017JA	1	51	50		55	-4.84	-	50	0.00	50	
Stockholmstraat 6 C	8017JA	1	52	51		55	-3.97	-	51	0.00	51	
Stockholmstraat 8	8017JA	1	50	49		55	-5.72	-	49	0.00	49	
Stockholmstraat 8 A	8017JA	1	52	51		55	-3.97	-	51	0.00	51	
Stockholmstraat 8 B	8017JA	1	48	48		55	-7.45	-	48	0.00	48	
Stockholmstraat 10	8017JA	1	53	52		55	-3.15	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 12	8017JA	1	50	49		55	-5.72	-	49	0.00	49	
Stockholmstraat 14	8017JA	1	52	51		55	-3.97	-	51	0.00	51	
Stockholmstraat 16	8017JA	1	53	52		55	-2.66	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 18	8017JA	1	48	48		55	-7.45	-	48	0.00	48	
Stockholmstraat 20	8017JA	1	48	48		55	-7.45	-	48	0.00	48	
Stockholmstraat 22	8017JA	1	53	52		55	-2.66	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 24	8017JA	1	51	50		55	-4.84	-	50	0.00	50	
Stockholmstraat 26	8017JA	1	53	52		55	-2.66	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 28	8017JA	1	53	52		55	-3.15	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 30	8017JA	1	53	52		55	-3.15	-	52	0.00	52	
Stockholmstraat 32	8017JA	1	48	48		55	-7.45	-	48	0.00	48	
Tulpstraat 74	8012BJ	1	53	53		55	-1.87	-	53	-0.01	53	
Tulpstraat 74	8012BJ	1	53	53		55	-1.87	-	53	0.00	53	
Valkenbergweg 2	8026RK	1	67	63	A	65	-1.75	-	63	0.00	63	
Valkenbergweg 4	8026RK	1	57	53		57	-3.65	-	53	0.00	53	
Van den Tyverbelt 2	8014NT	1	53	50		55	-5.05	-	50	-0.23	50	
Van den Tyverbelt 4	8014NT	1	53	50		55	-4.95	-	50	-0.21	50	
Van den Tyverbelt 6	8014NT	1	53	50		55	-4.68	-	50	-0.22	50	
Van den Tyverbelt 8	8014NT	1	53	50		55	-4.53	-	50	-0.22	50	
Van den Tyverbelt 10	8014NT	1	53	50		55	-4.51	-	50	-0.24	50	
Van den Tyverbelt 12	8014NT	1	54	51		55	-4.39	-	51	-0.22	50	
Van den Tyverbelt 14	8014NT	1	54	51		55	-4.18	-	51	-0.22	51	
Van den Tyverbelt 16	8014NT	1	55	53		55	-2.03	-	53	-0.31	53	
Van Ittersumstraat 139	8012TK	1	53	52		55	-2.69	-	52	0.00	52	
Van Ittersumstraat 141	8012TK	1	54	53		55	-2.42	-	53	0.00	53	
Van Ittersumstraat 146	8012TN	1	47	46		55	-8.95	-	46	0.00	46	
Van Ittersumstraat 156	8012TN	1	54	53		55	-1.66	-	53	0.00	53	
Van Ittersumstraat 158	8012TN	1	54	53		55	-1.71	-	53	0.00	53	
Van Ittersumstraat 158 A	8012TN	1	54	53		55	-1.71	-	53	0.00	53	
Van Karnebeekstraat 106	8011JL	1	54	52		55	-2.83	-	52	0.00	52	
Van Karnebeekstraat 108	8011JL	1	54	52		55	-2.70	-	52	0.00	52	
Van Karnebeekstraat 110	8011JL	1	55	54		55	-1.59	-	54	0.00	54	
Van Karnebeekstraat 112	8011JL	1	55	54		55	-1.63	-	54	0.00	54	

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Van Karnebeekstraat 114	8011JL	1	60	58		60	-2.05	-	58	0.00	58	
Van Karnebeekstraat 123	8011JE	1	53	52		55	-3.16	-	52	0.00	52	
Van Yrtebelt 48	8014NM	1	52	51		55	-4.25	-	51	-0.42	50	
Van Yrtebelt 157	8014NS	1	48	47		55	-7.66	-	47	-0.48	47	
Van Yrtebelt 161	8014NS	1	50	48		55	-6.61	-	48	-0.39	48	
Van Yrtebelt 165	8014NS	1	53	51		55	-4.17	-	51	-0.29	51	
Van Yrtebelt 171	8014NS	1	52	50		55	-4.96	-	50	-0.44	50	
Van Yrtebelt 173	8014NS	1	52	50		55	-4.52	-	50	-0.38	50	
Van Yrtebelt 175	8014NS	1	53	51		55	-3.83	-	51	-0.34	51	
Van Yrtebelt 177	8014NS	1	53	51		55	-3.86	-	51	-0.37	51	
Van Yrtebelt 179	8014NS	1	53	51		55	-3.78	-	51	-0.37	51	
Van Yrtebelt 181	8014NS	1	53	52		55	-3.49	-	52	-0.39	51	
Van Yrtebelt 183	8014NS	1	55	53		55	-2.12	-	53	-0.30	53	
Venestraat 1	8011GJ	1	53	51		55	-3.79	-	51	0.00	51	
Venestraat 1 A	8011GJ	1	54	52		55	-2.68	-	52	0.00	52	
Venestraat 1 B	8011GJ	1	55	53		55	-2.09	-	53	0.00	53	
Venestraat 2	8011GL	1	54	53		55	-1.85	-	53	0.00	53	
Venestraat 3	8011GJ	1	51	49		55	-5.68	-	49	0.00	49	
Venestraat 3 A	8011GJ	1	53	52		55	-3.31	-	52	0.00	52	
Violierenstraat 36	8013TV	1	52	47		55	-7.71	-	47	-1.21	46	
Violierenstraat 36 A	8013TV	1	46	44		55	-10.97	-	44	-2.35	42	
Violierenstraat 42	8013TV	14	50	48		55	-6.77	-	48	-1.40	47	
Vrouwenlaan 5	8017HB	1	56	55		56	-0.77	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 7	8017HB	1	54	53		55	-1.72	-	53	0.00	53	
Vrouwenlaan 9	8017HB	1	56	55		56	-0.94	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 11	8017HB	1	56	55		56	-0.96	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 13	8017HB	1	56	55		56	-0.97	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 15	8017HB	1	56	55		56	-0.97	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 17	8017HB	1	56	56		56	-0.98	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 19	8017HB	1	57	56		57	-0.99	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 21	8017HB	1	57	56		57	-1.05	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 23	8017HC	1	57	56		57	-1.18	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 24	8017HS	1	57	55		57	-2.20	-	55	0.00	55	
Vrouwenlaan 25	8017HC	1	57	56		57	-1.18	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 26	8017HS	1	56	54		56	-2.35	-	54	0.00	54	
Vrouwenlaan 27	8017HC	1	57	56		57	-1.05	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 28	8017HS	1	56	54		56	-2.31	-	54	0.00	54	
Vrouwenlaan 29	8017HC	1	57	56		57	-1.29	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 30	8017HS	1	55	53		55	-2.43	-	53	0.00	53	
Vrouwenlaan 31	8017HC	1	57	56		57	-1.31	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 32	8017HS	1	55	53		55	-2.19	-	53	0.00	53	
Vrouwenlaan 33	8017HC	1	57	56		57	-1.38	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 34	8017HS	1	54	52		55	-3.19	-	52	0.00	52	
Vrouwenlaan 35	8017HC	1	57	56		57	-1.43	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 36	8017HS	1	53	51		55	-3.69	-	51	0.00	51	
Vrouwenlaan 37	8017HC	1	57	56		57	-1.51	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 39	8017HC	1	57	56		57	-1.50	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 41	8017HC	1	57	56		57	-1.50	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 43	8017HC	1	57	56		57	-1.56	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 45	8017HC	1	57	56		57	-1.49	-	56	-0.01	56	
Vrouwenlaan 47	8017HC	1	57	56		57	-1.63	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 49	8017HC	1	57	56		57	-1.68	-	56	0.00	56	
Vrouwenlaan 51	8017HC	1	57	55		57	-1.73	-	55	0.00	55	

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (A/B/C)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Vrouwenlaan 61	8017HR	1	53	52		55	-3.30	-	52	0.00	52	
Vrouwenlaan 63	8017HR	1	53	52		55	-3.39	-	52	0.00	52	
Vrouwenlaan 78	8017HS	1	53	51		55	-4.27	-	51	-0.09	51	
Vrouwenlaan 80	8017HS	1	53	51		55	-4.19	-	51	-0.07	51	
Vrouwenlaan 82	8017HS	1	54	52		55	-3.18	-	52	-0.06	52	
Vrouwenlaan 84	8017HS	1	54	52		55	-3.35	-	52	-0.06	52	
Vrouwenlaan 86	8017HS	1	56	53		56	-2.69	-	54	-0.06	53	
Vrouwenlaan 88	8017HS	1	56	53		56	-2.72	-	54	-0.04	53	
Vrouwenlaan 90	8017HS	1	56	54		56	-2.76	-	54	-0.05	54	
Vrouwenlaan 92	8017HS	1	56	54		56	-2.74	-	54	-0.05	53	
Vrouwenlaan 94	8017HS	1	56	54		56	-2.66	-	54	-0.04	54	
Vrouwenlaan 96	8017HS	1	57	54		57	-2.89	-	54	-0.07	54	
Vrouwenlaan 98	8017HS	1	56	52		56	-3.69	-	52	0.00	52	
Vrouwenlaan 100	8017HS	1	56	55		56	-0.72	-	58	-0.06	55	
Vrouwenlaan 102	8017HS	1	56	56		56	-0.66	-	58	-0.04	56	
Vrouwenlaan 104	8017HS	1	54	53		55	-1.52	-	57	-0.08	53	
Vrouwenlaan 106	8017HS	1	55	55		55	-0.66	-	57	-0.08	54	
Vrouwenlaan 108	8017HS	1	54	54		55	-1.07	-	57	-0.07	54	
Weteringkade 13	8013PB	21	56	45		56	-10.77	-	0	0.00	45	
Weteringkade 15	8013PB	21	54	47		55	-7.85	-	0	-0.01	47	
Weteringkade 19	8013PB	21	56	48		56	-8.09	-	0	0.00	48	
Weteringkade 23	8013PB	21	58	49		58	-9.03	-	0	0.00	49	
Weteringkade 25	8013PB	21	55	49		55	-6.61	-	0	0.00	49	
Weteringkade 29	8013PB	21	56	49		56	-7.19	-	0	0.00	49	
Weteringkade 31	8013PB	21	60	49		60	-10.51	-	0	0.00	49	
Weteringkade 37	8013PB	21	57	51		57	-6.75	-	0	0.00	51	
Weteringkade 39	8013PB	21	57	51		57	-6.55	-	0	0.00	51	
Weteringkade 43	8013PB	21	61	52		61	-9.06	-	0	0.00	52	
Weteringkade 45	8013PB	21	60	52		60	-7.79	-	0	0.00	52	
Weteringkade 51	8013PB	21	67	55		67	-12.54	-	0	-0.01	55	
Weteringkade 57	8013PB	21	72	56	B	65	-8.50	-	0	0.00	56	
Wipstrikpark 139	8025CD	1	54	44		55	-11.35	-	43	0.06	44	
Wipstrikpark 141	8025CD	1	55	43		55	-11.95	-	43	0.03	43	
Wipstrikpark 143	8025CD	1	54	43		55	-12.42	-	42	0.00	43	
Wipstrikpark 145	8025CD	1	54	43		55	-11.68	-	43	0.00	43	
Wipstrikpark 149	8025CD	1	54	43		55	-11.87	-	43	0.04	43	
Wipstrikpark 151	8025CD	1	56	43		56	-13.07	-	43	0.10	43	
Wipstrikpark 153	8025CD	1	54	44		55	-11.22	-	44	0.14	44	
Wipstrikpark 157	8025CD	1	56	45		56	-11.82	-	44	-0.08	45	
Wipstrikpark 159	8025CD	1	58	44		58	-13.96	-	44	-0.02	44	
Wipstrikpark 161	8025CD	1	57	44		57	-13.76	-	44	-0.05	44	
Wipstrikpark 163	8025CD	1	55	37		55	-18.26	-	37	0.03	37	
Wipstrikpark 165	8025CD	1	57	38		57	-18.80	-	38	-0.01	38	
Wipstrikpark 167	8025CD	1	61	50		61	-11.30	-	50	-0.03	50	
Wipstrikpark 169	8025CD	1	61	49		61	-12.47	-	49	0.06	49	
Wipstrikpark 171	8025CD	1	61	49		61	-11.68	-	49	-0.03	49	
Wipstrikpark 173	8025CD	1	61	49		61	-12.47	-	49	0.06	49	
Wipstrikpark 175	8025CD	1	55	37		55	-18.26	-	37	0.03	37	
Wipstrikpark 177	8025CD	1	58	39		58	-18.16	-	39	-0.01	39	
Wipstrikpark 179	8025CD	1	61	49		61	-12.27	-	49	0.06	49	
Wipstrikpark 181	8025CD	1	61	50		61	-11.58	-	50	-0.05	50	
Wipstrikpark 183	8025CD	1	61	49		61	-11.68	-	49	-0.03	49	
Wipstrikpark 185	8025CD	1	61	49		61	-12.47	-	49	0.06	49	

Gemeente Zwolle

Adres en postcode		Bestemming	Geluidsbelasting bij huidig GPP [dB]	Toekomst zonder nieuwe maatregelen [dB]	Sanering (AWBWC)	Grenswaarde [dB]	Effect van het project	Benodigde reductie [dB]	Geluidsbelasting standaard akoestische situatie [dB]	Geluidsreductie door geadviseerde maatregelen [dB]	Toekomst met geadvi-seerde maatregel(en) [dB]	Overschrijding grenswaarde/ (X=ja, leeg vak=nee)
Wipstrikpark 187	8025CD	1	57	38		57	-18.80	-	38	-0.01	38	
Wipstrikpark 189	8025CD	1	58	39		58	-18.16	-	39	-0.01	39	
Wipstrikpark 191	8025CD	1	61	48		61	-12.69	-	48	0.55	49	
Wipstrikpark 193	8025CD	1	61	50		61	-11.44	-	50	-0.04	50	
Wipstrikpark 195	8025CD	1	61	50		61	-11.58	-	50	-0.05	50	
Wipstrikpark 197	8025CD	1	61	48		61	-12.97	-	48	0.72	49	
Wipstrikpark 201	8025CD	1	61	50		61	-11.44	-	50	-0.04	50	
Wipstrikpark 203	8025CD	1	61	48		61	-12.97	-	48	0.72	49	
Zuster van der Kolkstraat 2	8017HV	1	57	54		57	-2.42	-	54	0.00	54	
Zuster van der Kolkstraat 4	8017HV	1	58	55		58	-2.68	-	55	0.00	55	
Zuster van der Kolkstraat 6	8017HV	1	58	55		58	-2.77	-	55	-0.01	55	
Zuster van der Kolkstraat 7	8017HT	1	59	56		59	-3.30	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 8	8017HV	1	58	55		58	-2.88	-	55	0.00	55	
Zuster van der Kolkstraat 9	8017HT	1	60	56		60	-3.32	-	56	0.00	56	
Zuster van der Kolkstraat 10	8017HV	1	58	55		58	-2.86	-	55	0.00	55	
Zuster van der Kolkstraat 11	8017HT	1	59	56		59	-3.24	-	56	-0.02	56	
Zuster van der Kolkstraat 12	8017HV	1	58	55		58	-2.91	-	55	0.00	55	
Zuster van der Kolkstraat 13	8017HT	1	59	56		59	-3.44	-	56	-0.02	56	
Zuster van der Kolkstraat 14	8017HV	1	58	55		58	-3.02	-	55	-0.01	55	
Zuster van der Kolkstraat 15	8017HT	1	59	56		59	-3.39	-	56	0.00	56	
Zuster van der Kolkstraat 16	8017HV	1	58	54		58	-3.11	-	54	0.00	54	
Zuster van der Kolkstraat 17	8017HT	1	59	56		59	-3.41	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 18	8017HV	1	57	54		57	-3.16	-	54	0.00	54	
Zuster van der Kolkstraat 19	8017HT	1	59	56		59	-3.32	-	56	0.00	56	
Zuster van der Kolkstraat 20	8017HV	1	55	53		55	-2.70	-	53	0.00	53	
Zuster van der Kolkstraat 21	8017HT	1	59	56		59	-3.26	-	56	0.00	56	
Zuster van der Kolkstraat 23	8017HT	1	59	56		59	-3.32	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 25	8017HT	1	59	56		59	-3.31	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 27	8017HT	1	59	56		59	-3.27	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 29	8017HT	1	59	56		59	-3.13	-	56	-0.01	56	
Zuster van der Kolkstraat 31	8017HT	1	59	56		59	-3.08	-	56	-0.03	56	
Zuster van der Kolkstraat 33	8017HT	1	60	57		60	-3.26	-	57	-0.01	57	
Zuster van der Kolkstraat 35	8017HT	1	59	56		59	-2.86	-	56	-0.03	56	
Zuster van der Kolkstraat 37	8017HT	1	59	56		59	-2.79	-	56	-0.03	56	

Bijlage VIII – Resultaten Eindtoets en vaststelling GPP’s

Toelichting op de inhoud van deze bijlage

Deze bijlage bevat figuren met de effecten van het opnemen van de projectbrongegevens tussen de eerder bepaalde grenzen in het geluidregister op de geldende GPP’s.

Eindtoets en vaststelling GPP’s

Zoals in het rapport is omschreven in paragraaf 5.5 volgt na het uitvoeren van het akoestisch onderzoek een eindfase waarin de gegevens overgedragen worden aan het register. De gegevens worden overgenomen voor zover de wetgeving daar aanleiding toe geeft. Dit is bijvoorbeeld het geval waar geluidschermen worden geplaatst of waar een omvangrijke spoorwijziging plaatsvindt.

Als geluidbeperkende maatregelen of GPP-overschrijdingen ter hoogte van een fysieke wijziging liggen wordt, ter voorkoming van rekenartefacten in de berekening van de nieuwe GPP's, een ruimere afbakening gekozen. Alle projectbrongegevens worden in dat geval over de gehele lengte van de fysieke wijziging gebruikt voor de berekening van de nieuwe GPP’s. Indien de geluidbeperkende maatregelen of GPP-overschrijdingen ter hoogte van een knooppunt of station liggen, worden alle project brongegevens over de lengte van de knooppunt of station gehanteerd bij de vaststelling van de nieuwe GPP’s. In principe kan in alle overige gebieden de bestaande registerdata vigerend blijven en wijzigen er mogelijk geen GPP’s.

Voor de definitieve vaststelling van de GPP’s moeten eerst de doelmatige maatregelen tezamen met de brongegevens opgenomen worden in SoundCheck waarmee de zogenaamde ‘Eindtoets’ wordt uitgevoerd. Deze toets is nodig om te bepalen waar de projectbrongegevens moeten worden overgenomen en waar de registergegevens niet aangepast hoeven te worden. Dit bepaalt welke GPP’s daadwerkelijk wijzigen.

De projectbrongegevens worden in ieder geval in het register overgenomen ter hoogte van (en aan weerszijde van) de nieuwe geluidbeperkende maatregelen, ter hoogte van de GPP-overschrijdingen die niet door maatregelen kunnen worden weggenomen, waarbij het gedeelte van de brondata dat opgenomen wordt doorloopt tot aan de locaties waartussen de fysieke wijzigingen aan het spoor plaatsvinden.

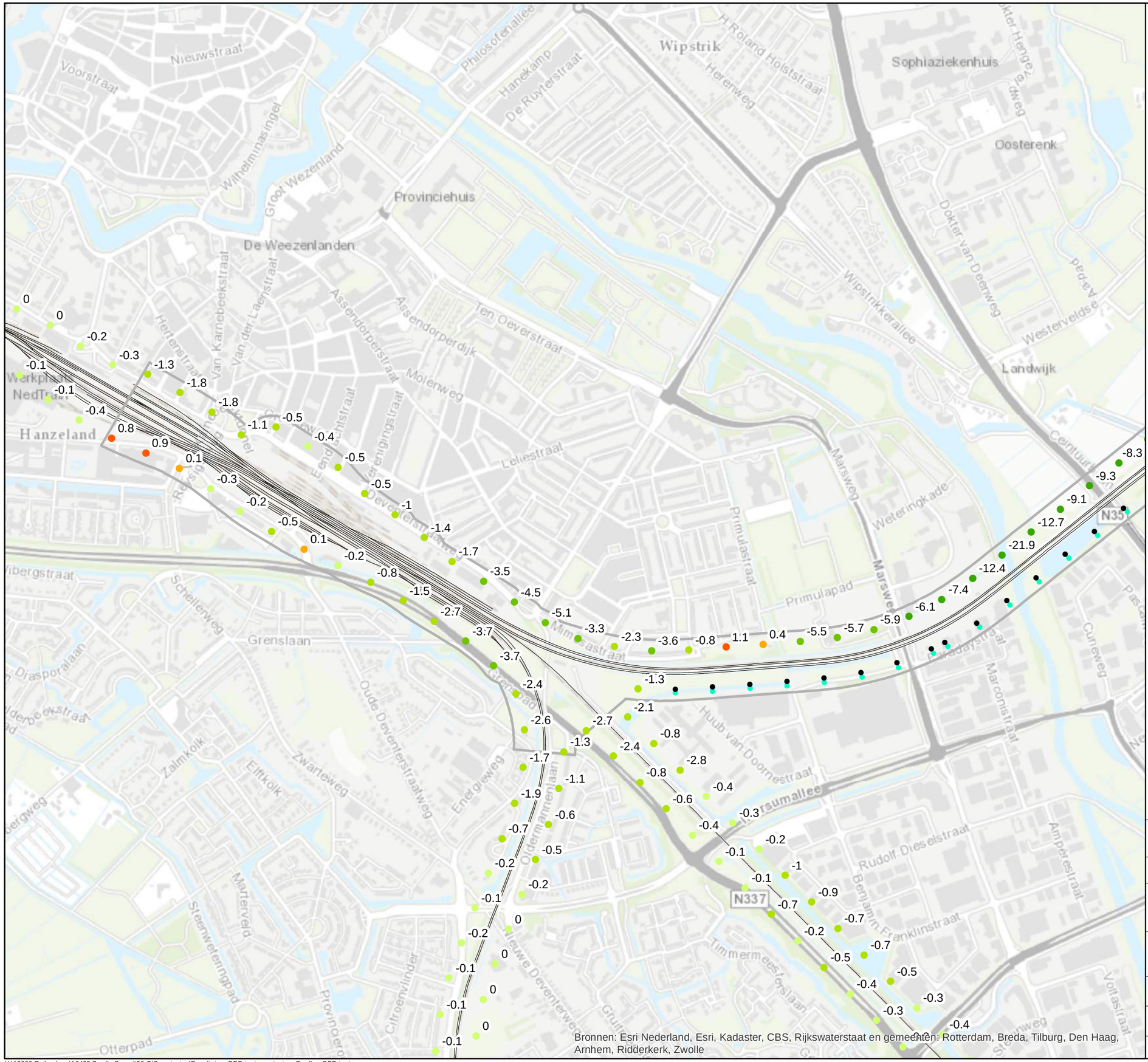
Op andere locaties blijft het vigerende register ongewijzigd (vanaf km 4.900 richting Emmen). Aldus worden er delen aangepast en delen blijven gelijk. Dit is zichtbaar in de Eindtoets. De figuren laten de effecten van de Eindtoets op de geldende GPP’s zien nadat ze met SoundCheck berekend zijn. Als er uit de Eindtoets geen nieuwe maatregelafweging hoeft plaats te vinden in het kader van gekoppelde sanering kunnen de GPP’s met dezelfde brondata worden vastgesteld.

Zodra het project Zwolle Spoort in het geluidregister is verwerkt met alle voorgestelde maatregelen (conform de Eindtoets) zullen in het projectgebied alle geluidproductieplafonds wijzigen omdat de brongegevens van het register moeten worden aangepast, dit kunnen hogere, lagere of gelijke waarden worden. Per situatie zijn bijzonderheden te onderscheiden:

Hogere GPP's: dit kan ten eerste voorkomen op locaties waar het project wel de GPP's overschrijdt maar geen overschrijdingen bij geluidsgevoelige bestemming veroorzaakt of als dergelijke bestemmingen niet in het gebied liggen. Het GPP wordt dan op een hoger niveau vastgesteld middels het TB. Ten tweede kunnen de geluidmaatregelen bij woningclusters wel de toenames op woningniveau hebben weggenomen maar niet volledig de GPP toename.

Lagere GPP's: Daar waar maatregelen getroffen worden kunnen de GPP's lager worden. Echter ook buiten deze gebieden kan dit voorkomen als gevolg van het opnemen van 'stillere' projectbrongegevens in het register. Een dergelijk afname heeft juridische gevolgen daar waar saneringssituaties bestaan. Een wijziging, dus ook een verlaging, geeft de verplichting om 'gekoppelde sanering' integraal met het project te onderzoeken (zie bijlage I).

Gelijkblijvende GPP's: Als de brongegevens in het register niet aangepast worden zullen ook de GPP's niet wijzigen. Echter, bij het werken met deze registerdata kunnen geluidsmodellen tot hele kleine GPP wijzigingen leiden buiten de overschrijdingsgebieden (die al onderzocht zijn). Dit worden 'uitstralingseffecten' genoemd die niet leiden tot een extra onderzoeksverplichting. De punten die hierdoor wijzigen worden wel meegenomen in de lijst met te wijzigen GPP's.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten Eindtoets

- meer dan 6 dB verlaging
- 3 tot 6 dB verlaging
- 0.5 tot 3 dB verlaging
- 0 tot 0.5 dB verlaging
- verhoging tot 0.5 dB
- verhoging tot 3 dB
- verhoging meer dan 3 dB

Vervallen GPP's

- Vervallen GPP's

Nieuwe GPP's

- Nieuwe GPP's

Akoestische projectgrenzen

Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

Toekomstige Sporen

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten Eindtoets

Deel west

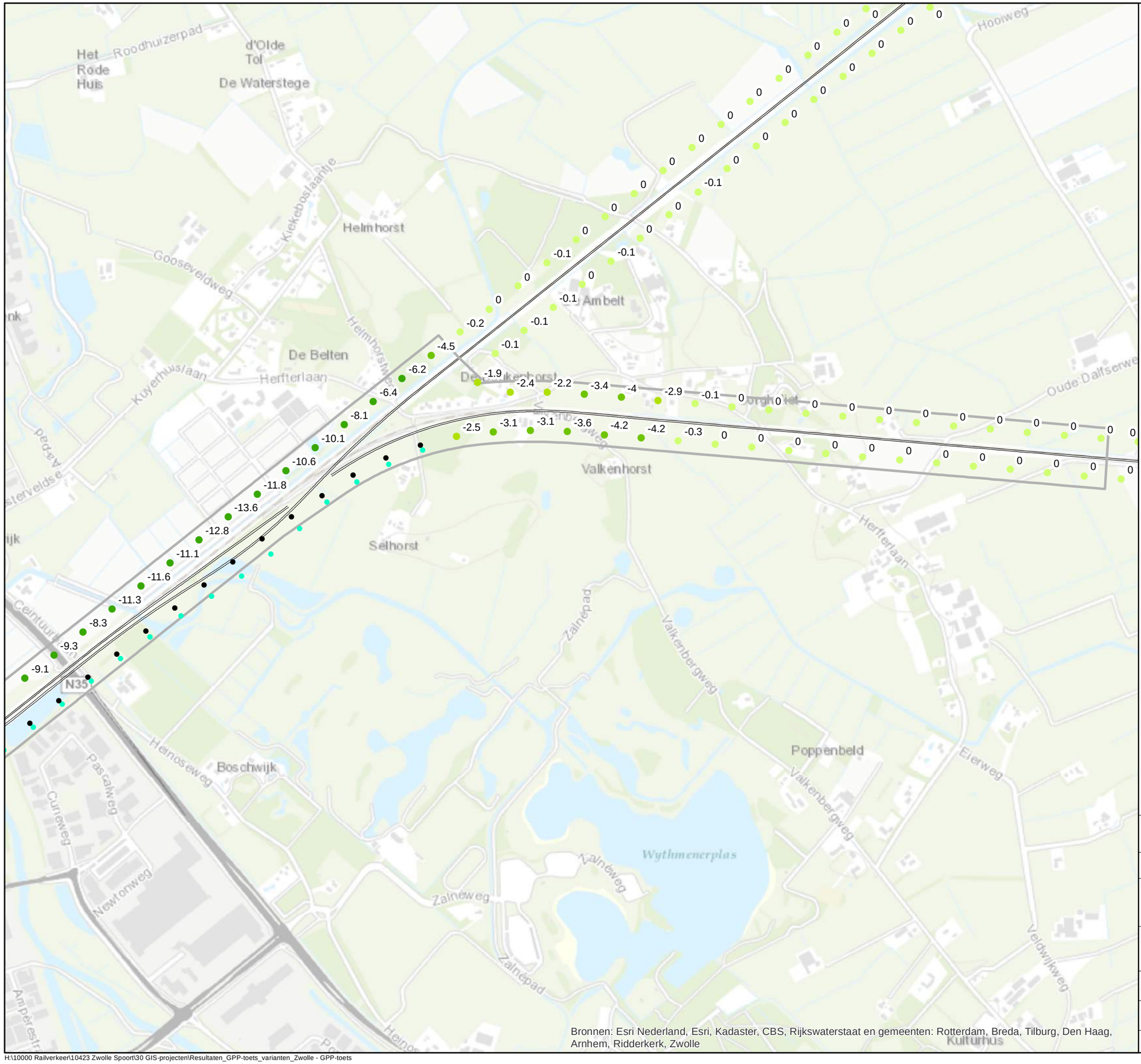
Auteur	T. Meeuws	Datum	26-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 10000

0 230 460 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\Resultaten_GPP-toets_varianten_Zwolle - GPP-toets



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

Resultaten Eindtoets

- meer dan 6 dB verlaging
- 3 tot 6 dB verlaging
- 0.5 tot 3 dB verlaging
- 0 tot 0.5 dB verlaging
- verhoging tot 0.5 dB
- verhoging tot 3 dB
- verhoging meer dan 3 dB

Vervallen GPP's

- Vervallen GPP's

Nieuwe GPP's

- Nieuwe GPP's

Akoestische projectgrenzen

- Akoestische projectgrenzen

Toekomstige Sporen

- Toekomstige Sporen

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Herfte

Resultaten Eindtoets

Deel oost

Auteur	T. Meeuws	Datum	26-11-2015
Bedrijfsonderdeel	Geografische Informatie Systemen	Formaat	A3 liggend
		Schaal	1 : 10000

0 230 460 m

Status	Vrijgave
Doc.nr.	

Copyright Movares B.V.

Bijlage IX – Overzicht te wijzigen GPP's

Toelichting op de inhoud van deze bijlage

De GPP's worden formeel pas gewijzigd na een vastgesteld TB. De nieuwe waarden worden bovendien niet op basis van alleen het project met doelmatige maatregelen berekend maar nadat het project voor zover noodzakelijk in het register opgenomen is. Dit is de situatie na de Eindtoets. De GPP waarden op basis van die berekening zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Referentiepunt id	X	Y	GPP vastgesteld of gewijzigd
6268	206584772	502631624	62,7
6269	206537317	502767437	68,8
6270	206631844	502709951	67,6
6272	206710108	502772198	69,0
6274	206788331	502834495	68,6
6275	206772100	502954191	69,0
6278	206944937	502958891	69,1
6284	207179610	503145783	68,9
6714	204167068	501465632	61,1
6715	204230376	501352530	63,3
6716	204266426	501455145	57,1
6718	204366354	501457308	56,5
6720	204466076	501464742	59,3
6722	204565795	501472228	59,5
6724	204665523	501479587	61,0
6726	204764908	501490444	61,6
6728	204862479	501512026	61,5
6730	204956416	501546103	61,0
6733	205045231	501591893	61,1
6735	205127602	501648506	62,2
6737	205206203	501710325	60,1
6739	205284520	501772505	61,5
6741	205362837	501834686	61,5
6743	205441154	501896866	61,0
6745	205519498	501959013	61,2
6747	205597821	502021187	60,8
6749	205676150	502083352	60,4
8704	203721393	500084592	53,0
8706	203698370	500181849	53,3
8708	203686912	500281121	53,9
8709	203789877	500322416	60,4
8710	203687352	500381058	54,0
8712	203699539	500480252	53,2
8714	203723316	500577329	52,6
8716	203756642	500671592	52,6
8718	203792703	500764864	57,1
8719	203918637	500801677	56,5
8720	203828871	500858094	56,7
8721	203954779	500894917	56,1
8722	203865038	500951324	52,5
8723	203990082	500988472	54,1
8724	203899388	501045223	50,8
8725	204017609	501084528	54,2
8726	203922263	501142463	51,4
8727	204031146	501183489	55,5
8728	203925135	501242145	53,9
43615	206527779	502486411	59,7
43616	206626958	502498813	59,2
43617	206672870	502605586	60,7

43618	206726860	502502606	58,6
43619	206772854	502606089	60,1
43620	206826783	502499345	58,2
43621	206872663	502600142	59,5
43622	206926460	502491331	58,2
43623	206972303	502591671	59,1
43624	207026090	502482741	58,6
43625	207071948	502583244	60,4
43626	207125723	502474175	62,1
43627	207171584	502574728	62,9
44067	204091338	501240175	55,7
44068	204201986	501277035	57,0
44069	204164457	501172828	54,6
44070	204272449	501206078	56,0
44071	204235009	501101960	53,6
44072	204342970	501135179	55,5
44073	204305523	501031053	53,3
44274	204413502	501064290	55,4
44275	204375972	500960082	53,8
44276	204484045	500993413	55,2
44277	204446641	500889331	55,4
44278	204554617	500922565	56,4
44279	204517247	500818516	55,9
44280	204625229	500851756	56,7
44281	204587839	500747687	56,1
44282	204695771	500780877	56,7
44283	204658325	500676753	56,1
44284	204766331	500710018	56,9
44285	204728926	500605934	56,5
44286	204836802	500639068	55,8
44287	204799307	500534895	56,6
44288	204907393	500568238	56,5
44289	204869914	500464082	56,5
44290	204977905	500497330	57,0
44291	204940453	500393199	56,8
44292	205048463	500426467	56,8
44293	205011052	500322378	56,7
44494	205119013	500355596	56,8
44495	205081576	500251481	56,0
44496	205189585	500284747	56,9
44497	205152148	500180632	57,1
44498	205260156	500213898	57,1
44499	205222452	500109518	56,4
44500	205329907	500142241	56,9
44502	205398554	500069526	55,6
44503	205359744	499964096	56,0
44504	205466372	499996038	55,9
44505	205427619	499890660	54,7
44506	205534630	499922962	55,3
44507	205496531	499818199	54,0

44508	205604157	499851088	55,3
44509	205566365	499746624	55,5
44510	205674167	499779686	55,2
44511	205636693	499675534	55,4
44512	205744661	499708760	55,3
44513	205707188	499604608	55,6
44688	205815156	499637834	55,4
44690	205885607	499566865	55,0
44691	205848269	499462848	55,9
44692	205956124	499495963	54,9
44693	205918793	499391953	54,8
44694	206026754	499425171	54,4
44695	205989250	499320989	54,7
44696	206097227	499354225	55,1
44697	206059791	499250110	56,0
44698	206167778	499283354	55,0
44699	206130298	499179196	55,9
53121	206224382	502518298	63,2
53122	206302616	502580581	63,4
53123	206380905	502642798	62,9
53124	206459078	502705158	64,4
53141	202734891	502271216	50,3
53142	202821315	502220967	52,5
53143	202915100	502196578	53,5
53144	203001822	502146786	53,3
53145	203087145	502094720	54,4
53146	202999965	501943655	55,9
53147	203165900	502033380	55,9
53148	203083420	501889290	55,0
53149	203258658	502054356	51,3
53150	203162415	501828178	54,2
53151	203344317	502003387	51,6
53152	203247071	501774994	54,3
53153	203426072	501946155	52,4
53154	203334553	501726846	55,1
53155	203496538	501875937	54,3
53156	203424557	501683600	56,3
53157	203578499	501818767	55,2
53158	203513198	501637727	57,7
53159	203656630	501757970	56,4
53160	203599829	501588458	58,1
53161	203731226	501694132	57,8
53162	203683370	501533629	57,9
53163	203816298	501641571	58,0
53164	203768257	501480801	58,4
53165	203898540	501585249	59,1
53166	203842159	501414331	57,2
53167	203981164	501530352	61,2
53168	204069585	501487695	62,1
53172	203902840	501339382	58,2

56618	202571475	502193726	55,7
56619	202647370	502128868	53,4
56620	202730223	502072934	52,6
56621	202817942	502025023	54,3
56622	202909637	501985412	55,5
106717	204329765	501341362	61,1
106719	204430012	501345962	60,0
106721	204530822	501353523	59,7
106723	204630203	501360909	60,9
106725	204730091	501369050	60,7
106727	204831081	501384001	62,2
106729	204928619	501409962	62,5
106731	205022693	501447072	63,0
106732	205061007	501465960	63,0
106734	205147275	501517668	63,2
106736	205227614	501577318	63,4
106738	205306085	501639589	63,3
106740	205385871	501702869	63,8
106742	205463121	501764248	64,4
106744	205542466	501827249	63,6
106746	205620578	501888101	63,7
106748	205700187	501946157	63,7
106750	205784140	502003125	63,8
106751	205760753	502136420	61,0
106752	205866917	502056009	63,7
106753	205841989	502195446	60,1
106754	205947976	502109478	63,9
153111	206344996	502411433	59,7
153112	206436034	502449614	58,7
153113	205922588	502253546	60,0
153114	206026807	502168878	63,5
153115	206005182	502313094	62,9
153116	206104887	502238247	64,0
153117	206085848	502371214	62,9
153118	206178170	502308745	64,2
153119	206158431	502442099	63,9
153120	206258451	502363707	62,3

Bijlage X – Overzicht saneringsobjecten

Toelichting op de inhoud van deze bijlage

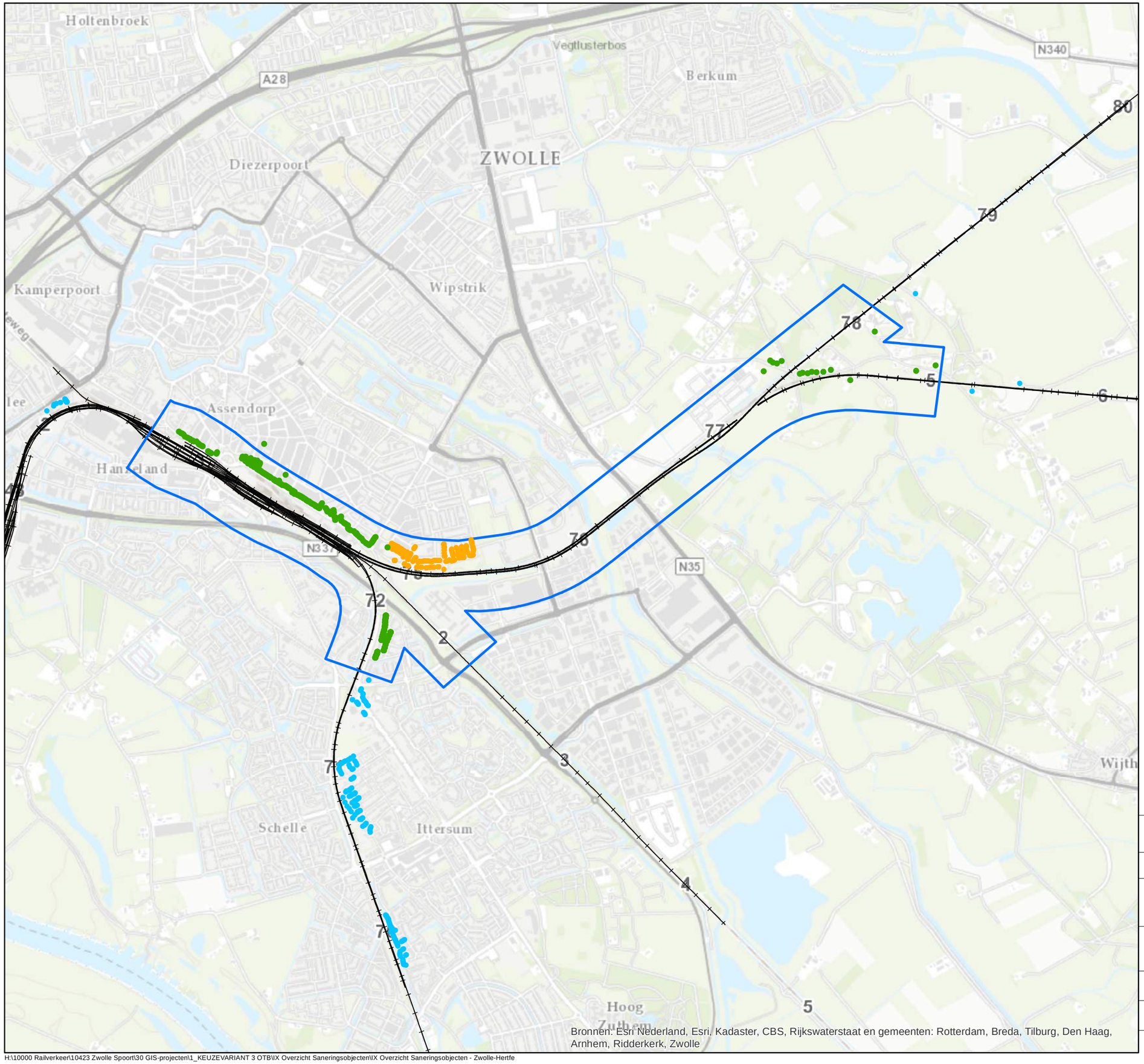
In deze bijlage is een overzicht gegeven van de status van de saneringsobjecten die onderzocht zijn. Binnen de projectgrenzen is gekoppeld gesaneerd daar waar de GPP's wijzigen (zie ook bijlage IX).

Er zijn verschillende situaties die zich binnen de onderzochte gebieden voordoen en in deze bijlage grafisch zijn weergegeven. Binnen het gebied met de te wijzigen GPP's liggen vele objecten die door de gemeente Zwolle zijn gemeld als saneringssituatie. In de toekomstige situatie na uitvoering van het project is een groot aantal van deze saneringssituaties opgelost, zelfs zonder aanvullende geluidmaatregelen omdat de geluidsbelasting 65 dB of lager is in de toekomstige situatie. Deze eindmeldingswoningen zijn in de bijlage groen gekleurd.

In de omgeving van de Mimosastraat zijn de eindmeldingswoningen in een eerder saneringsplan afgehandeld. De toen bepaalde saneringsmaatregelen zijn uitgangspunt geweest bij de bepaling van de streefwaarde in dit onderzoek (paragraaf 3.13). Deze woningen zijn geen saneringsobject meer en zijn oranje gekleurd.

De eindmeldingswoningen zijn onderzocht voor zover deze in de omgeving van de te wijzigen GPP's liggen. Hierbij is het te onderzoeken gebied afgebakend op het eerste GPP-punt waarbij geen effect van het project meer merkbaar is (verlaging is 0 dB).

Een geluidsmodel hoeft maar een heel klein beetje te veranderen (op grote afstand) en de afronding kan een waarde iets hoger of lager doen uitpakken (0,1 dB). Dit is geen effect van het project en is daarmee een soort ambtshalve wijziging zonder gevolgen. Deze 'uitstralingseffecten' leiden daardoor niet tot een extra onderzoeksverplichting
De eindmeldingswoningen die niet nader onderzocht zijn, zijn in de figuur blauw gekleurd.



Bronnen: Esri Nederland, Esri, Kadaster, CBS, Rijkswaterstaat en gemeenten: Rotterdam, Breda, Tilburg, Den Haag, Arnhem, Ridderkerk, Zwolle

Legenda

- Geen saneringsobject, wel op eindmeldingslijst
- Object eindmeldingslijst, niet onderzocht
- Object eindmeldingslijst, reeds gesaneerd
- Gebied Sanering onderzocht

N

Movares
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Zwolle-Hertfe

Gekoppelde sanering ondezocht eindsituatie na maatregelen

Auteur	T. Meeuws	Datum	26-11-2015
Bedrijfsonderdeel		Formaat	A3 liggend
Geografische Informatie Systemen		Schaal	1 : 21443.4

0 775 1.55 m

Status	Vrijgave

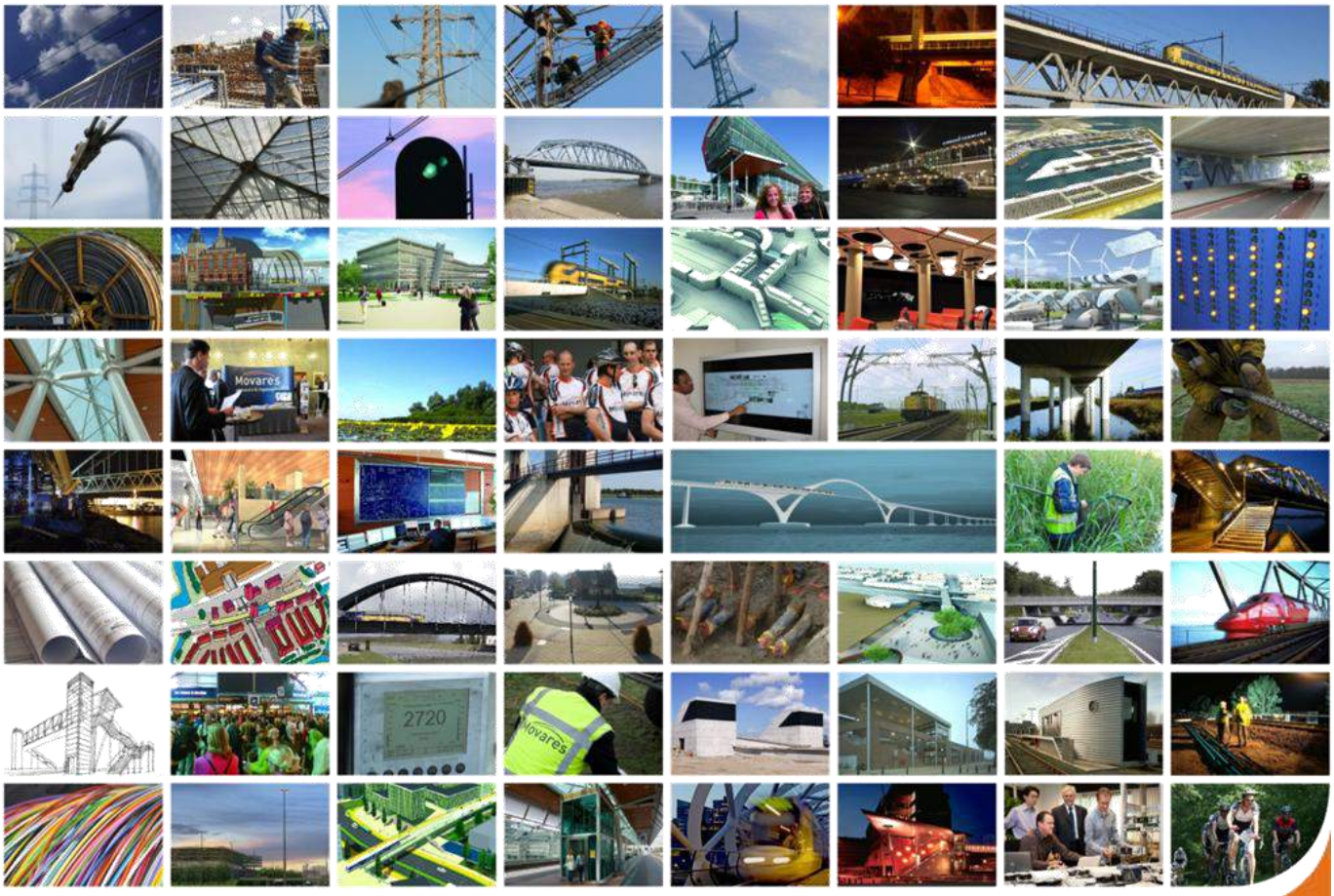
Doc.nr.

Copyright Movares B.V.

H:\10000 Railverkeer\10423 Zwolle Spoort\30 GIS-projecten\1_KEUZEVARIANT 3 OTB\IX Overzicht Saneringsobjecten\IX Overzicht Saneringsobjecten - Zwolle-Hertfe

Bijlage Trillingsonderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte



11-01-2016- Versie 2.0

wij verbinden

Autorisatieblad

Bijlage Trillingsonderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Boon, PM		
Controle door	Veen, PC van		
Vrijgave door	Sande, PJ van de		

Samenvatting

Station Zwolle vormt het op een-na-grootste treinverkeersknooppunt van Nederland en is daarmee een belangrijke schakel voor treinen tussen het Noorden van Nederland en de Randstad. De wens bestaat om in de toekomst de capaciteit rondom station Zwolle uit te breiden en te verbeteren. Om aan deze wens te voldoen zal het spoortraject Zwolle-Herfte moeten worden aangepast om een betere aansluiting van treinen te verkrijgen en om treinen met hogere snelheid te laten passeren ter hoogte van Herfte. Hiervoor wordt het spoor uitgebreid tussen Zwolle en de aansluiting bij Herfte van twee naar vier sporen inclusief de aanleg van een vrije kruising. Hiervoor wordt een tracéwetprocedure uitgevoerd. Onderdeel van het ontwerptracébesluit voor *Zwolle-Herfte* is een onderzoek naar de milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen.

Het doel van dit onderzoek is om voor het tracé *Zwolle-Herfte* de trillingshinder in de referentie- en plansituatie in gebouwen rond het spoor vast te stellen. Het trillingsonderzoek dient als basis voor het OTB van *Zwolle-Herfte*. Daarnaast wordt in dit onderzoek de kans op trillingsschade tijdens de exploitatie- en bouwfase van *Zwolle-Herfte* beschreven.

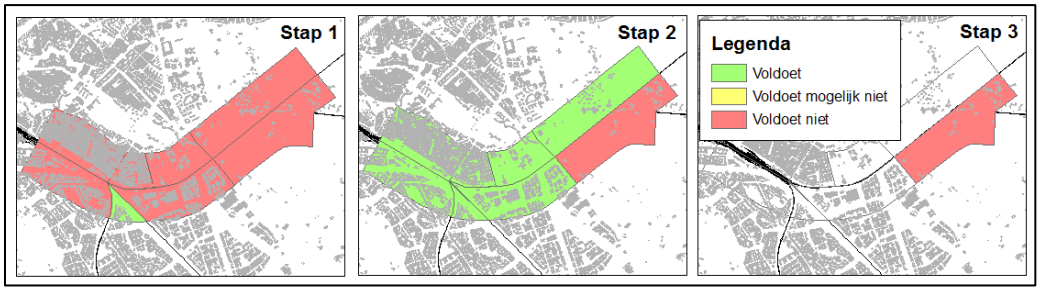
In dit onderzoek is de trillingssituatie na realisatie van *Zwolle-Herfte* vergeleken met de referentiesituatie in het jaar 2014. Middels een uitgebreid trillingsonderzoek in een zone van 500 meter rondom de sporen is de trillingssterkte in gebouwen vastgesteld. In dit trillingsonderzoek wordt gebruik gemaakt van een getrapte aanpak:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden met behulp van een globaal trillingsmodel op basis van expert judgment;
2. Stap 2: inventarisatie van aandachtslocaties aan de hand van metingen op maaiveld en empirische prognoses, verwerkt in een nauwkeurig trillingsmodel;
3. Stap 3: trillingsmetingen in woningen en nauwkeurige trillingsprognoses op aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

De beoordeling aan de hand van de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts), uitgevoerd na bovengenoemde stappen 1, 2 en 3, is weergegeven in Figuur 1. Locaties die in een bepaalde stap afvallen, behoeven niet te worden meegenomen in vervolgstappen. Ter verificatie van de gekozen aanpak zijn op een groot aantal locaties nog wel aanvullende onderzoeken verricht. Andersom is op sommige locaties geen nader onderzoek verricht omdat de resultaten uit de andere aanvullende onderzoeken voor deze locaties gebruikt kunnen worden.

Uit het onderzoek volgt dat er een kans op een overschrijding is bij enkele woningen aan de Herfterlaan. Hier is een grote kans op een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} door de toename van het aantal goederentreinen op vooral het traject naar Meppel, en in mindere mate door de hogere rijsnelheid van treinen van en naar Emmen en de toename van het aantal goederentreinen van en naar Emmen.
Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang bij de Herfterlaan de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan door technische aanpassingen door te voeren tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang. Als uit

nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel.



Figuur 1 *Resultaten trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte*

Uit het trillingsonderzoek volgt dat trillingsschade tijdens de exploitatie zeer onwaarschijnlijk is, de trillingssnelheden zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade bij omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door werkzaamheden als het intrillen van damwanden of bijvoorbeeld door heiwerkzaamheden. Met behulp van eindige elementen modellen is bepaald voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten.

In het ontwerp is op een aantal locaties sprake van werkzaamheden die mogelijk tot trillingsschade kunnen leiden. Dat zijn met name het viaduct over de Marsweg, de brug over de Nieuwe Wetering en de dive-under. Dit leidt tot een kans op schade aan woningen bij de Herfterlaan. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

Begrippenlijst

Bts	Beleidsregel trillinghinder spoor, beoordelingsrichtlijn van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu ten aanzien van trillinghinder t.b.v. de vaststelling van Tracébesluiten voor de aanleg, wijziging of opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg, d.d. 10 april 2012, Staatscourant. 2012, nr. 7532 en de bijbehorende wijzigingen van 24 maart 2014, Staatscourant. 2014, nr. 8251
SBR-richtlijn	Door de Stichting BouwResearch opgestelde richtlijn om trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen: • Deel A: schade aan gebouwen; • Deel B: hinder voor personen in gebouwen; • Deel C: verstoring van apparatuur.
Geovib	3D eindige elementenmodel dat de voortplanting van trillingen door de bodem berekent. Het model is heel geschikt om verschillende varianten van bijvoorbeeld de taludgeometrie door te rekenen, of om de invloed van trillingsmaatregelen te onderzoeken. Geovib is in het verleden ontwikkeld door Movares en wordt al jarenlang toegepast binnen trillingsonderzoeken. Het model is uitvoerig geverifieerd met behulp van metingen.
VibraDyna	Een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5. Dit model is in het verleden al uitvoerig geverifieerd, zie ook Bijlage I.
(O)TB	(Ontwerp) Tracébesluit, besluit op grond van de Tracéwet, waarin het project is vastgelegd
Referentiesituatie	Huidige situatie, wordt in de Bts referentiesituatie genoemd. In dit onderzoek wordt als jaartal 2014 gehanteerd
Plansituatie	Situatie die ontstaat na realisatie van *Zwolle-Herfte*

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

Begrippenlijst **3**

1 Inleiding **6**
1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte 6
1.2 Het tracébesluit 6
1.3 Voortraject 6
1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle 7
1.5 Doel van dit onderzoek 7
1.6 Leeswijzer 7

2 Situatiebeschrijving **8**
2.1 Onderzoeksgebied 8
2.2 Referentiesituatie 9
2.2.1 *Spoorgebruik* *9*
2.2.2 *Snelheden* *10*
2.2.3 *Treinintensiteiten* *10*
2.3 Plansituatie (na realisatie project) 10
2.3.1 *Uitgangspunten* *10*
2.3.2 *Spoorgebruik* *11*
2.3.3 *Taludgeometrie* *12*
2.3.4 *Treinsnelheid* *12*
2.3.5 *Treinintensiteit* *13*
2.3.6 *Cumulatie met overige trillingsbronnen* *14*

3 Opzet trillingsonderzoek **15**
3.1 Onderzoek naar trillingshinder 15
3.1.1 *Stap 1: Inventarisatie van trillingsgevoelige locaties* *15*
3.1.2 *Stap 2: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose* *16*
3.1.3 *Stap 3: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen* *16*
3.1.4 *Stap 4: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten* *17*
3.2 Onderzoek naar trillingsschade 17

4 Beoordelingskader trillingshinder en schade **18**
4.1 Beoordeling trillingshinder 18
4.2 Beoordeling trillingsschade 19

5 Stap 1 – Globaal trillingsonderzoek **20**
5.1 Inleiding 20
5.2 Vergelijking trillingscontouren 20
5.3 Aandachtslocaties 20

6 Stap 2 – Locatiespecifiek trillingsonderzoek **22**
6.1 Inleiding 22
6.2 Vergelijking trillingscontouren 23
6.3 Aandachtslocaties 24

7 Stap 3 – Onderzoek op aandachtslocaties **26**
7.1 Algemeen 26

7.2 Onderzoeksaanpak 27
7.3 Prognosemodel 27
7.3.1 *Invloed spoorafstand* *28*
7.3.2 *Invloed snelheidswijziging* *28*
7.3.3 *Invloed wijziging in treinintensiteit* *28*
7.3.4 *Bepaling gewijzigde trillingssterkte* *29*
7.4 Resultaten 29
7.5 Bepaling trillingssituatie in niet-gemeten woningen 30
7.6 Betrouwbaarheid 31
7.7 Locaties voor maatregelen 31

8 Onderzoek naar trillingsreducerende maatregelen 33
8.1 Gevolgde methodiek 33
8.2 Mogelijke maatregelen 34
8.2.1 *Mogelijke maatregelen aan de bron* *35*
8.2.2 *Mogelijke maatregelen aan de transmissie* *36*
8.2.3 *Mogelijke maatregelen aan de ontvanger* *38*
8.2.4 *Voorgestelde maatregelen* *39*
8.3 Gebiedsbegrenzing 39
8.4 Onderzochte maatregelen 40
8.5 Resultaten detaillering maatregelen 42
8.6 Voorgestelde maatregel 43

9 Trillingsschade 45
9.1 Inleiding 45
9.2 Uitgangspunten 45
9.3 Modellering 46
9.4 Resultaten 46
9.5 Schadecontouren 48
9.6 Aanbevelingen 49

10 Conclusies en aanbevelingen 51
10.1 Onderzoek naar trillingshinder 51
10.2 Onderzoek naar trillingsschade 52

Colofon 53

Bijlage I VibraDyna

Bijlage II Beoordelingskader

Bijlage III Resultaten bodemonderzoek en maaiveldmetingen

Bijlage IV Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Bijlage V Resultaten onderzoek naar trillingshinder

Bijlage VI Effectiviteit maatregelen

1 Inleiding

1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte

De capaciteit van het baanvak tussen station Zwolle en de spoorsplitsing bij Herfte is te klein. Hierdoor moeten veel binnenkomende en vertrekkende treinen op station Zwolle op elkaar wachten, waardoor treinreizen langer duren dan nodig. De beperkte capaciteit maakt het ook onmogelijk om de dienstregeling uit te breiden met extra treinen. Deze uitbreiding is wel gewenst. Om deze problemen op te lossen zullen onder meer twee extra sporen en een vrije spoorkruising tussen Zwollen en Herfte worden aangelegd.

1.2 Het tracébesluit

In het Tracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte wordt de uitbreiding van de sporen en de ligging van het tracé planologische vastgelegd.
Het tracébesluit heeft betrekking op de uitbreiding van de hoofdspoorweg vanaf het emplacement van station Zwolle tot voorbij de aansluiting in Herfte alsmede de verlegging van een spoor op emplacement Zwolle ten behoeve van een perronverbreding. Bij de spooruitbreiding worden de volgende maatregelen getroffen:

- de realisatie van twee nieuwe geëlektrificeerde sporen over een lengte van ongeveer 3 kilometer vanaf het emplacement van station Zwolle (km 2.85) tot voorbij de aansluiting in Herfte (tot km 77.6 van de spoorlijn Zwolle - Meppel en km 4.8 van de spoorlijn Zwolle - Emmen);
- het realiseren van een vrije spoorkruising tussen km 76.9 van de spoorlijn Zwolle – Meppel en km 4.15 van de spoorlijn Zwolle - Emmen;
- het realiseren van nieuwe kunstwerken;
- het verleggen van spoor 16 op het emplacement van station Zwolle ten behoeve van het realiseren van een perronverbreding;
- het aanpassen van de bestaande infrastructuur.

Het project betreft een uitbreiding van een reeds bestaande verbinding. Het tracébesluit doorloopt in dit geval de verkorte Tracéwetprocedure.

1.3 Voortraject

In het voortraject van het ontwerptracébesluit zijn drie varianten voor de vrije kruising in de spooruitbreiding onderzocht. Deze drie varianten waren:

- Een vrije kruising door middel van een dive under ter plaatse van de Mimosastraat
- Een vrije kruising door middel van een fly over nabij de Marsweg
- Een vrije kruising door middel van een dive under nabij de spoorsplitsing bij Herfte

Van deze drie varianten is een ontwerp gemaakt en zijn de kosten geraamd. Van elk van de varianten zijn de effecten op de reistijden en de effecten op het milieu in kaart gebracht.
In het Bestuurlijk Overleg van 16 oktober 2015 is de voorkeur uitgesproken voor variant 3: de vrije kruising door middel van een dive under bij Herfte. In de kamerbrief Uitkomsten BO's MIRT najaar 2015 (13 november 2015) heeft de minister van de IenM de kamer geïnformeerd over de variantkeuze. In het (ontwerp)tracébesluit zijn de spooraanpassingen volgens deze variant uitgewerkt.

1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle

De spooraanpassingen tussen Zwolle en Herfte maken onderdeel uit van het grotere programma ‘ZwolleSpoort’. In dit kader worden ook sporen, wissels en seinen bij station Zwolle aangepast en wordt het Rangeer- en Goederenstation (RGS) Zwolle uitgebreid en voorzien van een tweede toegang. Die aanpassingen maken geen onderdeel uit van het tracébesluit.

1.5 Doel van dit onderzoek

In dit rapport zijn de effecten van de spooruitbreiding en de vrije kruising op het aspect trillingen beschreven. Dit rapport vormt een bijlage bij het tracébesluit. De uitkomsten van dit rapport zijn in samengevatte vorm opgenomen in de Toelichting bij het tracébesluit.

1.6 Leeswijzer

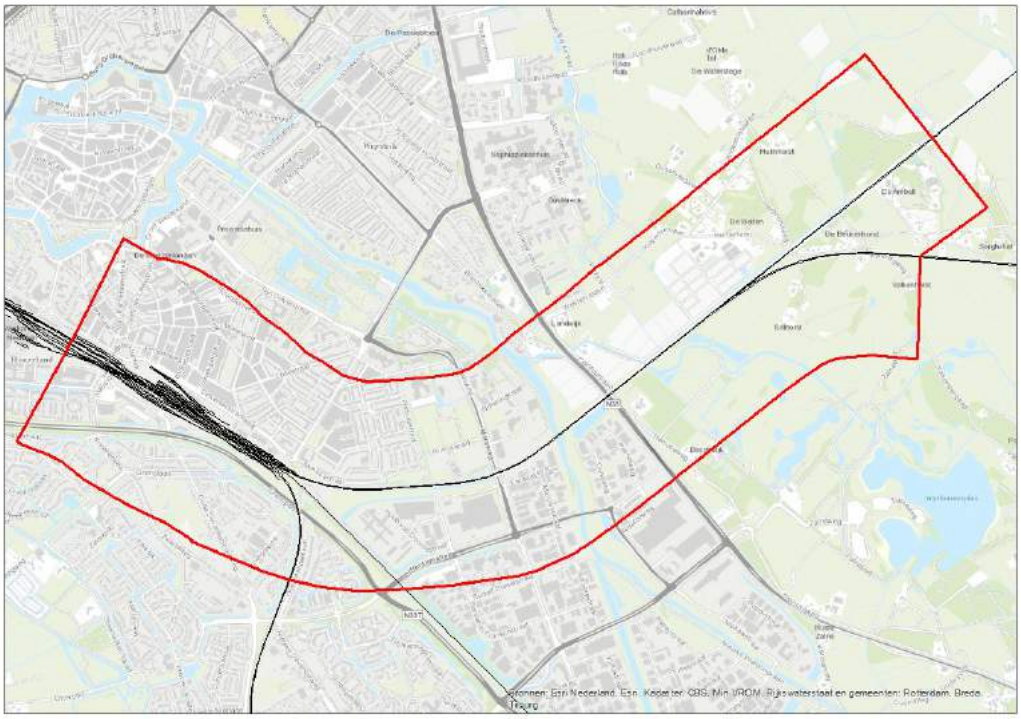
Het volgende hoofdstuk (2) beschrijft de referentiesituatie en de plansituatie voor het trillingsonderzoek. Hoofdstuk 3 beschrijft de opzet van het onderzoek. In hoofdstuk 4 wordt het beoordelingskader voor trillingshinder en trillingsschade gegeven. De hoofdstukken 5 tot en met 8 geven de resultaten van de vier stappen in het onderzoek, waarbij in hoofdstuk 8 de afweging van trillingsmaatregelen is gegeven. Hoofdstuk 9 gaat in op trillingsschade. In het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 10, staan conclusies en aanbevelingen.

2 Situatiebeschrijving

In het trillingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties:
1. De referentiesituatie conform de Bts, in 2014;
2. De plansituatie, de situatie die ontstaat na realisering van het project *Zwolle-Herfte*.

2.1 Onderzoeksgebied

Het tracédeel waarop dit trillingsonderzoek betrekking heeft, is het gebied tussen Station Zwolle (km 3.0) / Herfte (km 78.4 op het spoortraject richting Meppel en *km* 4.8 op het spoortraject richting Emmen), zie Figuur 2-1. In dit gebied vinden wijzigingen in snelheid en sporenlay-out plaats ten gevolge van het project *Zwolle-Herfte*. Deze wijzigingen hebben invloed op de trillingen in gebouwen rond het spoor.



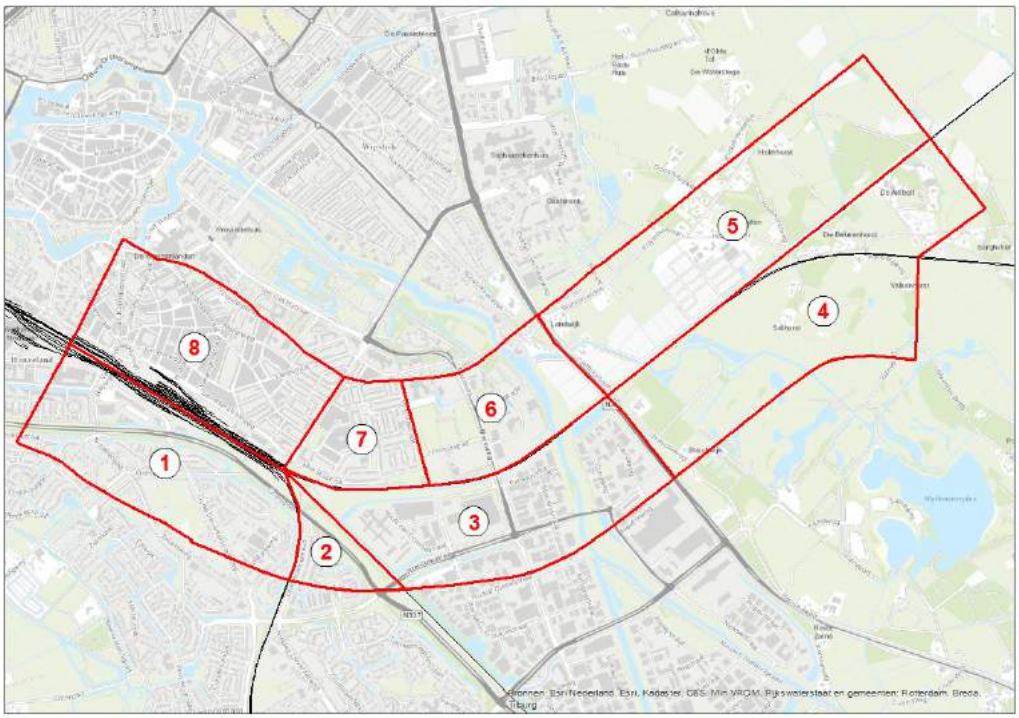
Figuur 2-1 *Onderzoeksgebied trillingsonderzoek*

Het onderzoeksgebied is opgedeeld in deelgebieden, zie Figuur 2-2. Deze opdeling heeft plaatsgevonden op basis van type bebouwing, afstand tot het spoor, bodemgesteldheid en treinsnelheid. Door deze benaderingswijze is het mogelijk om bepaalde onderzoeksgebieden in hun geheel wel of niet mee te nemen in vervolgonderzoek.

De nummers van de deelgebieden zijn weergegeven in Tabel 2-1. Per deelgebied is een naam gekozen. Deze namen worden in het vervolg van dit onderzoek gehanteerd.

Tabel 2-1 *Deelgebieden met namen en nummers*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Belangrijke stra(a)t(en)
1	Stationszone Zuid	Wagenveldtraat, Vrouwenlaan
2	Beltbuurt	Oldermannenlaan
3	De Marslanden Zuid	Marsweg, Anthony Fokkerlaan
4	Herfte Zuid	Herfterlaan, Valkenbergweg
5	Herfte Noord	Herfterlaan, Helmhorstweg
6	De Marslanden Noord	Marsweg
7	Bloemen- en Plantenbuurt	Mimosastraat, Magnoliastraat
8	Stationszone Noord	Deventerstraatweg



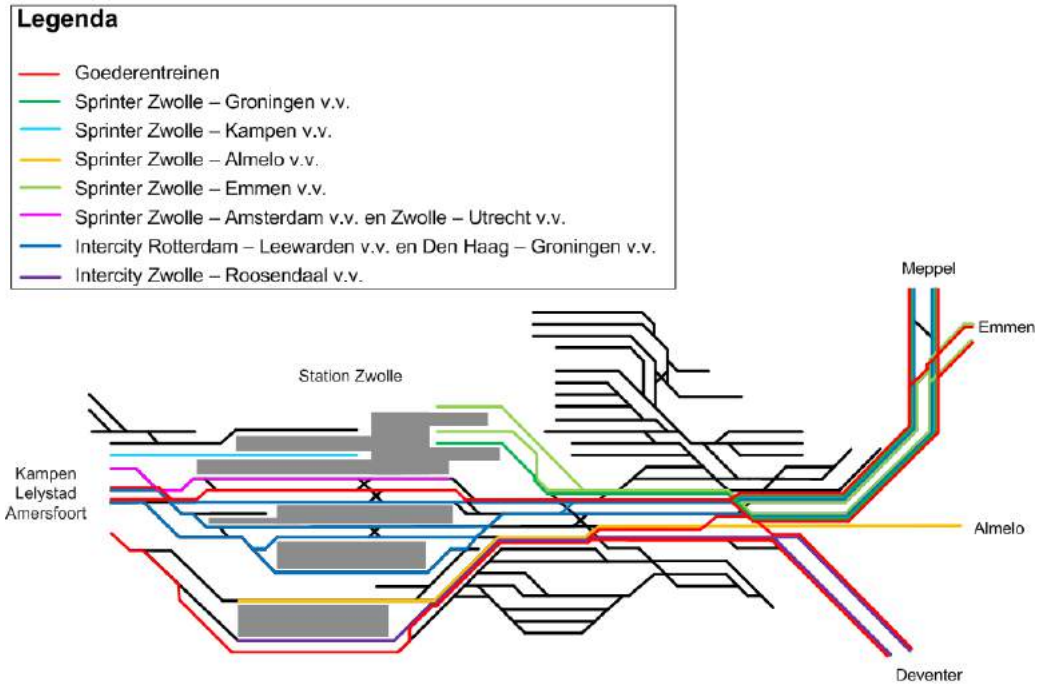
Figuur 2-2 *Deelgebieden trillingsonderzoek*

2.2 Referentiesituatie

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de referentiesituatie. Als referentiesituatie conform het vigerende beleidskader, de Bts, geldt de spoorligging van 2014, vóór aanvang van de werkzaamheden ten behoeve van *Zwolle-Herfte*. De beoordeling van trillingshinder vindt plaats ten opzichte van deze situatie. Alle overige gegevens, zoals spoorgebruik en treinintensiteiten, worden ook genomen uit dit referentiejaar.

2.2.1 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik in de referentiesituatie is weergegeven in Figuur 2-3. De gegevens over het spoorgebruik en de ligging tot de sporen in de referentie- en plansituatie zijn gebruikt om de verandering in trillingen vast te stellen.



Figuur 2-3 *Lijnvoeringsschema in referentiesituatie*

2.2.2 *Snelheden*

Voor de snelheidsprofielen worden de maximale te hanteren snelheden gebruikt, deze zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de aanzet- en remcurves van de diverse treintypes. De in dit onderzoek gehanteerde maximale snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn weergegeven in Figuur 2-5.

2.2.3 *Treinintensiteiten*

De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 2-2 (zie pag. 13).

2.3 Plansituatie (na realisatie project)

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de plansituatie tussen station Zwolle en de aansluiting bij Herfte, na realisatie van *Zwolle-Herfte*. De belangrijkste wijzigingen zijn veranderingen in spoorgebruik, rijsnelheid en het verwijderen van een groot aantal wissels op het emplacement van station Zwolle.

2.3.1 *Uitgangspunten*

Voor de plansituatie is in het trillingsonderzoek gebruik gemaakt van de tekeningen van het project *Zwolle-Herfte*[1] en de bijbehorende uitgangspuntennotitie[2].

Ten opzichte van de referentiesituatie zijn in de plansituatie de volgende zaken gewijzigd:

1. Sporenlay-out (en samenhangend ook het spoorgebruik). Het ontwerp voorziet in een verdubbeling van de sporen tussen Zwolle en Herfte van twee naar vier sporen inclusief de aanleg van een vrije kruising. Hierdoor ondervinden de treinen

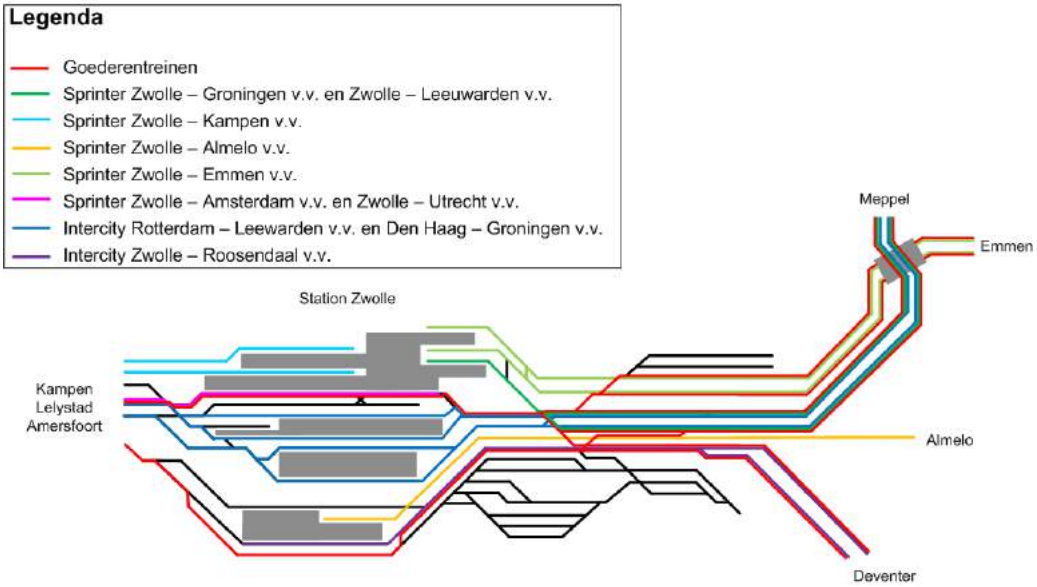
[1] Tekeningen Ontwerp Zwolle-Herfte, Movares, C30-RSC-AU-1500071, C30-RSC-AU-1500072 C30-RSC-AU-1500073 , 6 mei 2015
[2] Uitgangspunten notitie onderzoeken OTB Zwolle –Herfte, Prorail, 18 februari 2015

van en naar Leeuwarden en Groningen geen hinder meer van de treinen van en naar Emmen. De vrije kruising wordt gerealiseerd door middel van een dive-under bij Herfte, waarbij de sporen richting Emmen onder de sporen richting Meppel doorgaan.

2. De rijsnelheid van de treinen wijzigt door een wijziging in seinplaatsing en spoorgebruik. De belangrijkste wijzigingen in de snelheid zijn:
    a. Verhoging van de baanvaksnelheid van en naar Emmen ter hoogte van Herfte van 80 naar 130 km/h voor reizigerstreinen. Dit wordt mogelijk gemaakt door de vrije kruising, en leidt tot een snellere afhandeling van het treinverkeer en kortere reistijden. Zowel in de huidige als de toekomstige situatie blijven goederentreinen van en naar Emmen ter hoogte van Herfte 90 km/h rijden. In incidentele gevallen kunnen goederentreinen vanuit Emmen maximaal 100 km/h rijden. Uit een nadere analyse blijkt dat dit geen gevolgen heeft voor de trillingssituatie in de onderzochte woningen. In dit rapport is deze situatie daarom niet nader uitgewerkt;
    b. Verhoging van de rijsnelheid van goederentreinen ter hoogte van station Zwolle van 40 naar 60 km/h. Door deze snelheidsverhoging wordt het mogelijk om de capaciteit van station Zwolle te vergroten voor reizigerstreinen. Overigens is deze snelheidsverhoging geen onderdeel van het project Zwolle-Herfte, de snelheidsverhoging hangt samen met het verwijderen van een groot aantal wissels op het emplacement ten oosten van station Zwolle;
    c. De aanpassingen die nodig zijn voor het project *gelijktijdigheden* betreffen aanpassingen van sporen, wissels en seinen net ten oosten van het station Zwolle. Door deze, in wezen beperkte, aanpassingen binnen de spoorzone kunnen de treinen van en naar Meppel, Enschede en Deventer tegelijk binnenkomen en vertrekken. De snelheid van deze treinen kan omhoog van 40 km/u naar 60 km/u (Enschede en Deventer) respectievelijk 80 km/u (Meppel). Hiermee wordt de reistijd verkort. Deze snelheidsverhoging is geen onderdeel van de spooruitbreiding *Zwolle-Herfte* waarvoor het OTB wordt gemaakt. Met deze snelheid is in dit onderzoek wel rekening gehouden.
3. Beperkte wijziging in treinintensiteiten, onder meer een beperkte toename van het aantal goederentreinen richting Meppel en Emmen. Daarnaast rijdt de sprinter Leeuwarden – Meppel in de plansituatie door naar Zwolle. Op het traject Zwolle – Meppel neemt het aantal sprinters dus toe.

2.3.2 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik is weergegeven in Figuur 2-4. De belangrijkste wijziging is de ontvlechting van het treinverkeer op de corridors Zwolle – Meppel en Zwolle – Emmen. De getoonde sporen ter hoogte van station Zwolle (langs de perrons) zijn overigens geen onderdeel van het tracé Zwolle-Herfte.



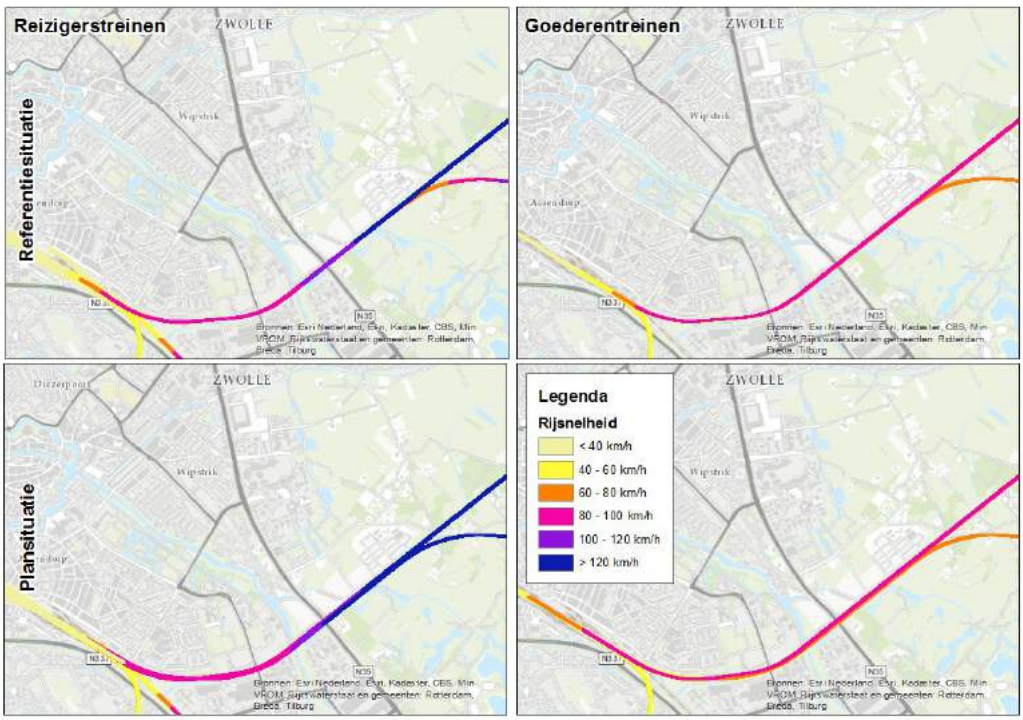
Figuur 2-4 *Lijnvoeringsschema in plansituatie*

2.3.3 *Taludgeometrie*

Het project leidt niet tot significante wijzigingen in taludgeometrie, wel wordt er een dive-under gerealiseerd. In het onderzoek is gecorrigeerd voor deze constructies. De terreinhoogte is gebaseerd op de hoogtekaarten van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN, versie 2).

2.3.4 *Treinsnelheid*

Ook voor de plansituatie zijn de snelheden van de treinen per locatie bepaald aan de hand van de seinplaatsing. De maximale snelheid van goederen- en reizigerstreinen in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 2-5. In deze figuur valt vooral op dat reizigerstreinen in de richting van Emmen harder gaan rijden, deze treinen kennen bij Herfte een snelheidsverhoging van ongeveer 80 naar ongeveer 130 km/h. Dit leidt tot een snellere afwikkeling van het treinverkeer en kortere reistijden, en wordt vooral mogelijk gemaakt door het realiseren van andere wissels bij station Zwolle, de boogverruiming en de ongelijkvloerse kruising bij Herfte en optimalisatie van de posities van wissels en seinen.



Figuur 2-5 *Maximale snelheden voor reizigers- (links) en goederentreinen (rechts) in de referentie- (boven) en plansituatie (onder)*

2.3.5 *Treinintensiteit*

De treinintensiteiten in de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Tabel 2-2. In deze tabel staat *Referentie* voor referentiesituatie en *Plan* voor plansituatie. De treinaantallen zijn etmaalgemiddelden, afgeleid van jaarprognoses, en gebaseerd op de PHS prognose voor de plansituatie.

Tabel 2-2 *Treinaantallen per uur per richting*

	Dag (7:00 – 19:00)		Avond (19:00 – 23:00)		Nacht (23:00 – 7:00)	
Treintype en verbinding	**Huidig**	**Plan**	**Huidig**	**Plan**	**Huidig**	**Plan**
Intercity Rotterdam – Leeuwarden v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Intercity Den Haag – Groningen v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Sprinter Zwolle – Leeuwarden v.v.	-.--	2.00	-.--	2.00	-.--	0.64
Sprinter Zwolle – Groningen v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Intercity + Sprinter Zwolle – Emmen v.v.	2.00	2.00	0.57	0.57	0.66	0.66
Sprinter Zwolle – Coevorden v.v.	0.47	0.57	0.00	0.00	0.10	0.13
Sprinter Zwolle – Almelo v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.38	0.38
Intercity Deventer – Zwolle v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.25	0.25
Goederen Zwolle – Leeuwarden v.v.	0.05	0.37	0.18	0.41	0.18	0.36
Goederen Zwolle – Emmen v.v.	0.01	0.08	0.04	0.08	0.03	0.05
Goederen Zwolle – Deventer v.v.	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06

Voor goederentreinen betekent dit op de lijn Zwolle – Emmen een toename van gemiddeld 0.5 naar 1.7 goederentreinen per dag per richting en op de lijn Zwolle – Meppel een toename van 2.8 naar 9.0 goederentreinen per dag per richting. Deze toename van het aantal goederentreinen is een gevolg van de autonome groei van het goederenverkeer, en staat dus los van het project.

2.3.6 *Cumulatie met overige trillingsbronnen*

De cumulatie van de trillingen van treinverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer de verschillende trillingsbronnen afzonderlijk worden bekeken. In het onderzoeksgebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtverkeer. In de praktijk treedt cumulatie op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes. Dit betekent doorgaans dat de afstand tot beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn. In de praktijk worden alleen die trillingsbronnen beschouwd die parallel aan het spoor lopen;
2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een treinpassage ook een ander voertuig langskomt wat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke vervoerslijnen, zoals buslijnen en intensief door vrachtverkeer gebruikte wegen.

In het onderzoeksgebied voldoet alleen de Deventerstraatweg, bij het station, aan de tweede conditie. De trillingen van de bussen op deze weg verschillen door het grote verschil in afstand tussen de woningen en de busbaan en de woningen en het spoor echter dermate van de trillingen van het treinverkeer dat er geen significante cumulatie zal optreden.

3 Opzet trillingsonderzoek

Dit trillingsonderzoek bestaat uit twee onderdelen:

- Onderzoek naar trillingshinder tijdens de exploitatiefase ten behoeve van het OTB *Zwolle-Herfte*. In dit deel van het onderzoek worden alle gebouwen in een zone van 500 meter rond het spoor beoordeeld op het vigerende beoordelingskader, de Bts;
- Onderzoek naar trillingsschade tijdens de realisatie- en exploitatiefase. Voor de realisatiefase wordt voor gebouwen in de nabijheid van bouwwerkzaamheden een beoordeling uitgevoerd op de SBR A-richtlijn. De kans op trillingsschade tijdens de exploitatiefase wordt eveneens beoordeeld op de SBR A-richtlijn.

In dit hoofdstuk wordt de voor beide onderzoeken gevolgde aanpak nader toegelicht.

3.1 Onderzoek naar trillingshinder

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingshinder worden verschillende stappen doorlopen. De stappen hebben een toenemende nauwkeurigheid, waarbij in elke volgende stap de nauwkeurigheid groter wordt. Op deze manier wordt alleen verder onderzoek gedaan op een locatie wanneer dat nodig is, de zogenaamde zeefmethode.

De volgende stappen worden achtereenvolgens doorlopen:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder – conform de definities van de Bts – kan optreden met behulp van een globale berekening in het trillingsmodel Vibra*Dyna*[3];
2. Stap 2: verfijning van het onderzoek door gebruik te maken van valproeven[4], maaiveldmetingen[5] en gebouwgegevens – zoals bouwjaar, afmetingen, bouwstijl en bouwhoogte – middels een nauwkeurige berekening in Vibra*Dyna*;
3. Stap 3: uitvoeren van trillingsmetingen en maken van nauwkeurige trillingsprognoses voor aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

Bovengenoemde vier stappen worden in de volgende subparagrafen nader toegelicht.

3.1.1 *Stap 1: Inventarisatie van trillingsgevoelige locaties*

Om een goede voorspelling te kunnen maken van de trillingssituatie, is door Movares het rekenmodel Vibra*Dyna* ontwikkeld op basis van een groot aantal metingen die in geheel Nederland zijn uitgevoerd, aangevuld met gegevens uit modelberekeningen. Met dit model wordt voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld gebracht. Het model wordt toegepast op een zone van 500 meter aan weerszijden van de sporen.

[3] Vibra*Dyna* is een door Movares ontwikkeld rekenmodel, gebaseerd op empirische formules, modelberekeningen en een groot aantal metingen, dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5.
[4] Valproeven zijn metingen waarbij met behulp van een kunstmatige trillingsbron trillingen worden gegenereerd, waarna deze op verschillende afstanden tot de trillingsbron worden gemeten. Met behulp van dit type metingen kunnen de bodemeigenschappen worden bepaald. Deze bodemeigenschappen zijn van belang voor de uitdemping van de trillingen met de afstand tot het spoor.
[5] Maaiveldmetingen: bij deze metingen worden de trillingen van de passerende treinen op een vaste referentieafstand van 20 meter gemeten op verschillende locaties langs het tracé.

Alle aannames in het model zijn worst-case[6] (conservatief). Hierdoor is de door het model geprognosticeerde trillingssituatie per gebouw een bovengrens. In veel gebouwen zal de trillingssterkte in werkelijkheid lager zijn dan de waarde die uit het model volgt. Door deze aanpak wordt voorkomen dat bepaalde gebouwen waar in werkelijkheid wel trillingshinder optreedt, niet worden meegenomen in de vervolgstappen van het trillingsonderzoek. Anderzijds resulteert dit wel in een overschatting van het aantal gebouwen met een overschrijding van het beoordelingskader.
Het model wordt toegepast op een zone van 500 meter rondom de sporen. Op grotere afstand tot het spoor is geen significante toename in trillingshinder te verwachten en zijn de trillingssterktes lager dan de streefwaarden uit de Bts. Trillingen zijn op dergelijke grote afstanden doorgaans niet voelbaar.

Met het model worden voor alle gebouwen in het onderzoeksgebied in de referentie- en plansituatie de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Deze stap van het onderzoek wordt in hoofdstuk 5 beschreven.

3.1.2 *Stap 2: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose*

Op locaties uit het stap 1-onderzoek waar (een toename van) trillingshinder niet valt uit te sluiten, is nader onderzoek verricht. De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- Trillingsmetingen aan treinpassages op maaiveld loodrecht op het spoor, om de bronsterkte van de verschillende passerende treinen te bepalen;
- Valproeven om de afname van de trillingen met de afstand tot de trillingsbron van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

De resultaten van deze metingen zijn gebruikt als invoer in een nauwkeurige berekening in Vibra*Dyna*, waar vervolgens een nauwkeurige berekening is uitgevoerd met locatie- en frequentieafhankelijke parameters. In de berekeningen wordt rekening gehouden met de eigenschappen van de bebouwing, zoals de afmetingen, de hoogte en het type vloeren. De invloed van deze eigenschappen op de trillingen zijn vastgesteld op basis van metingen in vergelijkbare gebouwen.
Door de modelresultaten in de referentie- en plansituatie te beoordelen op de Bts, wordt zichtbaar voor welke locaties er een kans is op overschrijden van het beoordelingskader. Deze stap wordt beschreven in hoofdstuk 6.

3.1.3 *Stap 3: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen*

In de derde stap van het trillingsonderzoek worden alleen die locaties beschouwd waar op basis van de resultaten van stap 2 (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is. Voor deze stap wordt gebruik gemaakt van metingen in gebouwen.

Na opdeling van het onderzoeksgebied in deelgebieden, wordt per gebied een aantal representatieve woningen (qua ligging, type en bouwstijl) geselecteerd waarin metingen worden verricht.
Op basis van de resultaten van de metingen wordt vervolgens per treinpassage een prognose gemaakt voor de trillingssterkte van diezelfde treinpassage in de gewijzigde situatie. De invloed van de wijzigingen wordt bepaald met modelberekeningen en empirische formules op basis van eerdere metingen.

[6] Het model rekent met bovengrenzen. Dat betekent dat het model eerder een overschrijding van de richtlijn aangeeft dan in werkelijkheid doorgaans zal optreden. De door het model berekende trillingssituatie is de maximale trillingssituatie op een bepaalde locatie, zie ook Bijlage I

Het resultaat van deze stap is een trillingsprognose die kan worden beschouwd als de meest nauwkeurige prognose die met de thans beschikbare middelen mogelijk is. Indien er na deze stap nog steeds locaties overblijven waar (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is, dan zullen er voor deze locaties in stap 4 maatregelen worden beschouwd. De resultaten van de metingen en prognoses in gebouwen zijn in hoofdstuk 7 beschreven.

3.1.4 *Stap 4: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten*

Voor elke locatie die op basis van de resultaten uit de voorgaande stap niet voldoet aan de Bts worden maatregelen ontworpen en doorgerekend. Vervolgens worden de kosten van de maatregelen geëvalueerd. Bij de afweging van maatregelen wordt aangegeven of bepaalde maatregelen kosteneffectief zijn, en daarmee mogelijk doelmatig. Deze laatste stap van het trillingsonderzoek ten behoeve van het TB is in hoofdstuk 8 beschreven.

3.2 Onderzoek naar trillingsschade

Gezien de hoogte van de trillingssnelheden van het treinverkeer in het onderzoeksgebied is schade aan gebouwen tijdens de exploitatiefase zeer onwaarschijnlijk. De verwachte trillingen zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingsschade tijdens de bouwfase zijn 3D eindige elementen modellen opgesteld van de bouwwerkzaamheden die aanleiding kunnen geven tot trillingsschade. Met behulp van deze modellen is geanalyseerd op welke afstand schade aan bebouwing mogelijk is. Voor de gebouwen die binnen deze afstanden vallen, wordt geadviseerd om een vooropname uit te voeren. Het onderzoek naar trillingsschade wordt beschreven in hoofdstuk 0.

4 Beoordelingskader trillingshinder en schade

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder of schade. In het trillingsonderzoek ten behoeve van *Zwolle-Herfte* wordt zowel trillingshinder als trillingsschade beschouwd. De gehanteerde beoordelingsmethodiek voor zowel trillingshinder als voor trillingsschade wordt in dit hoofdstuk nader toegelicht.

4.1 Beoordeling trillingshinder

Tot op heden zijn richtlijnen voor trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. De minister van Infrastructuur en Milieu heeft in 2012 een *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts) opgesteld, die een wijziging van en aanvulling op de eerder gebruikte SBR B-richtlijn is. In 2014 is een aangevulde versie van de Bts gepubliceerd. De Bts 2014 vult de SBR B-richtlijn met name aan op de volgende onderdelen:

1. De normstelling voor het al dan niet treffen van maatregelen. De Bts geeft aan wanneer het Tracébesluit maatregelen dient te bevatten ter mitigatie van de trillinghinder die zal ontstaan als gevolg van de aanleg of wijziging van een spoorweg;
2. Een introductie van een kosteneffectiviteitscriterium. In dit kosteneffectiviteitscriterium wordt uitsluitsel gegeven of bepaalde maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit, milieu- en maatschappelijke impact en de mate van trillingshinder voldoende kosteneffectief zijn. In het Tracébesluit wordt een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen genoemd. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek aangehouden;
3. De trillingssterkte Vmax wordt bepaald over een meetperiode van tenminste 1 week. Het resultaat is het maximale niveau in een week, vergelijkbaar met de grootheid Vmax,stat van de SBR B-richtlijn. De meetmethode en de naverwerkingsmethode zijn gebaseerd op die van de SBR B-richtlijn, maar verder uitgebreid met het doel de reproduceerbaarheid van de metingen en berekeningen te vergroten. Deze methodiek is nauwkeurig beschreven in een memo van Level Acoustics[7] en in Bijlage IV;
4. Introductie van een zogenaamde R-waarde, die een indicatie is van de reproduceerbaarheid van de meting. De R-waarde is uitgedrukt als een onzekerheidspercentage van de Vmax, Bts. Gestreefd wordt naar een R-waarde van kleiner dan 10 procent;
5. Introductie van een zogenaamde Q-waarde, de verhouding tussen de trillingssterkte in de plan- en referentiesituatie8. Bij metingen met een hoge R-waarde wordt deze Q-waarde gecorrigeerd voor de lagere reproduceerbaarheid.

Een andere belangrijke wijziging is het ontkoppelen van de beoordeling van de trillingssterkte Vmax en de trillingsintensiteit Vper. Ongeacht de wijzigingen in trillingssterkte mag de trillingsintensiteit Vper niet toenemen boven de grenswaarde.

Trillingshinder wordt in dit onderzoek beoordeeld op de Bts. Een nadere omschrijving van het beoordelingskader is te vinden in Bijlage II.

[7] Koopman , A., LA.131001a.M04
[8] Voor nieuwbouwplannen bestaat er geen referentiesituatie, hier wordt beoordeeld op de Bts voor nieuwe situaties, zie ook Bijlage II.

4.2 Beoordeling trillingsschade

De toetsing van trillingsschade vindt in Nederland vrijwel altijd plaats op basis van de SBR A-richtlijn, deze richtlijn beschrijft de meetmethodiek en toetsingscriteria voor trillingsschade. Ook van de SBR A-richtlijn is een omschrijving opgenomen in Bijlage II.

5 Stap 1 – Globaal trillingsonderzoek

5.1 Inleiding

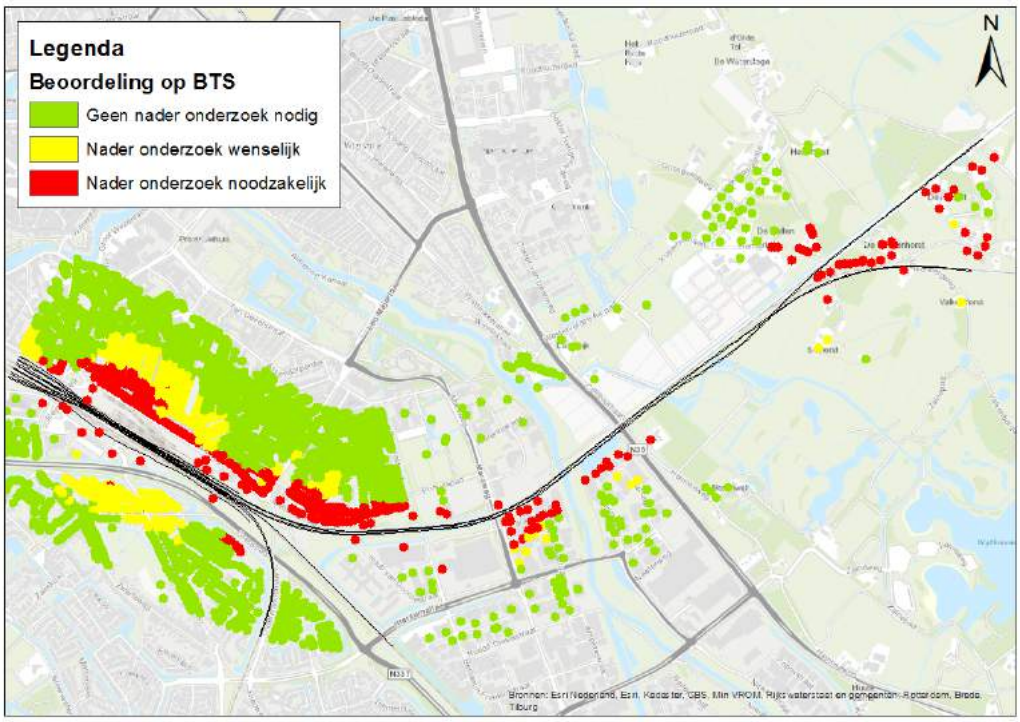
In de eerste stap van het onderzoek naar trillingshinder is de trillingssituatie in gebouwen op een globale manier bepaald. Er is een groot aantal factoren dat de trillingssterkte in een gebouw beïnvloedt. In deze eerste stap wordt een deel van deze factoren ingeschat op basis van expert judgment en langdurige ervaring met trillingshinder langs het spoor.

Het onderzoek in deze stap heeft nog een globaal karakter, met als doel om snel een predictie te maken van de trillingshinder op een willekeurige locatie langs het spoor. Omdat de analyse nog globaal is, zijn de aannames worstcase, zodat in ieder geval die locaties waar mogelijk hinder optreedt, worden meegenomen in de vervolgstappen.

5.2 Vergelijking trillingscontouren

Met behulp van Vibra*Dyna* is voor alle gebouwen binnen 500 meter van de sporen de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Voor de inventarisatie van aandachtslocaties worden de waarden van V_{max} in de referentie- en plansituatie en de waarde van V_{per} in de plansituatie voor elk gebouw beoordeeld op de Bts. In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven.

Het resultaat van de beoordeling is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 5-1 *Beoordeling van de resultaten van het globale model*

5.3 Aandachtslocaties

Op basis van de resultaten zoals afgebeeld in Figuur 5-1 volgt een aantal aandachtslocaties. Omdat in stap 1 gebruik wordt gemaakt van een conservatief model

(omdat er nog veel onzekerheden zijn) resulteert een vrij groot aantal locaties waarvoor nader onderzoek nodig is. Globaal beschouwd leidt het project *Zwolle-Herfte* met name tot mogelijke knelpunten in de nabijheid van de spoorsplitsing bij Herfte, door de toename in rijsnelheid en het aantal goederentreinen. In verder van het station gelegen deelgebieden zijn ook overschrijdingen van het beoordelingskader mogelijk, dit komt door de hoge trillingsintensiteit die in deze woningen kan optreden.
De gebieden waarin gebouwen zijn te vinden die mogelijk niet voldoen aan het beoordelingskader, zijn in Tabel 5-1 rood weergegeven.

Tabel 5-1 *Resultaten stap 1*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Voldoet aan Bts Stap 1
1	Stationszone Zuid	
2	Beltbuurt	
3	De Marslanden Zuid	
4	Herfte Zuid	
5	Herfte Noord	
6	De Marslanden Noord	
7	Bloemen- en Plantenbuurt	
8	Stationszone Noord	

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts

In stap 1 wordt conservatief beoordeeld of een locatie voor nader onderzoek in aanmerking komt, omdat er nog geen rekening wordt gehouden met een aantal effecten die invloed hebben op de trillingssituatie. Deze tweede stap wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

6 Stap 2 – Locatiespecifiek trillingsonderzoek

6.1 Inleiding

In de tweede stap van het trillingsonderzoek wordt de trillingssituatie op een meer gedetailleerde wijze bepaald. De berekening wordt opnieuw uitgevoerd met behulp van VibraDyna, maar nu wordt gebruik gemaakt van een nauwkeurige berekening, waarbij gebruik wordt gemaakt van aanvullende informatie. Ten opzichte van de eerste stap van het trillingsonderzoek wordt een aantal parameters nu wel meegenomen:

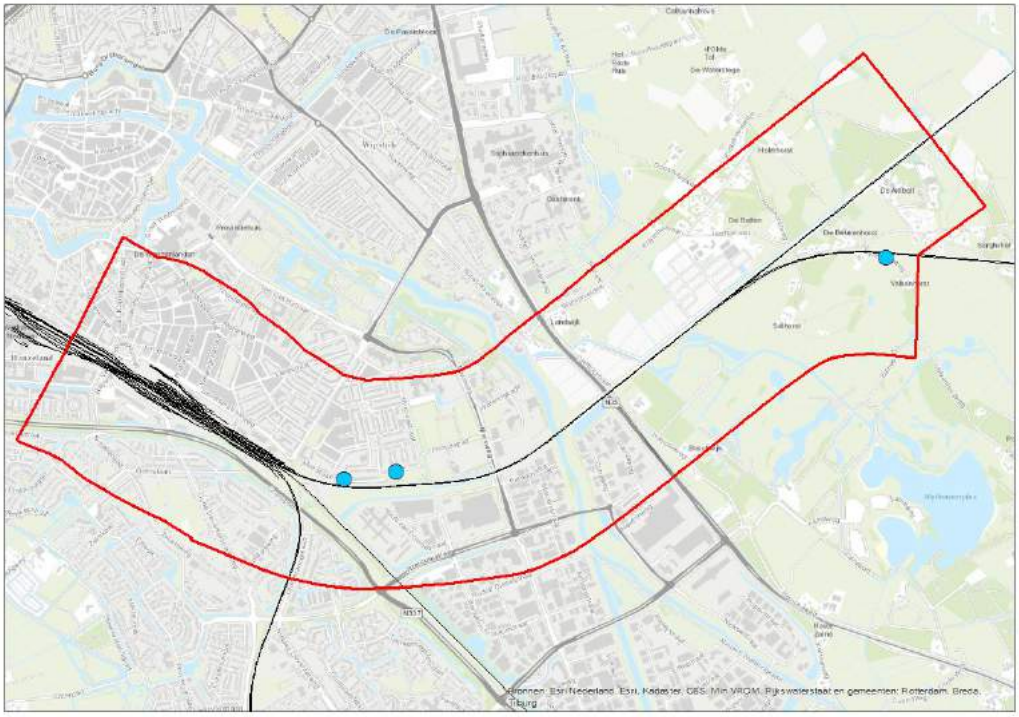
1. Er wordt gebruik gemaakt van de resultaten van valproeven en maaiveldmetingen aan treinpassages, zodat de bodemeigenschappen en de trillingssterktes op maaiveld nauwkeuriger kunnen worden meegenomen;
2. De eigenschappen van de bebouwing (zoals bouwjaar, bouwhoogte en bouwstijl) worden meegenomen. De invloed van deze parameters op de trillingen is vastgesteld op basis van metingen;
3. De variatie in terreinhoogte wordt meegenomen;
4. De berekening wordt frequentieafhankelijk uitgevoerd. Hiermee wordt de nauwkeurigheid van de prognoses aanzienlijk verbeterd.

Op basis van de resultaten uit het globale trillingsonderzoek volgden een aantal aandachtslocatie. Op deze locaties zijn additionele metingen verricht. Ter verificatie van het model van stap 1 is daarnaast ook op andere locaties een nader onderzoek uitgevoerd. Het type metingen is voor elk deelgebied weergegeven in Tabel 6-1, zie ook Figuur 6-1. In een aantal deelgebieden in Tabel 6-1 is aangegeven dat er in stap 2 geen onderzoeken zijn uitgevoerd op deze locatie, omdat er op omliggende locaties al onderzoek is verricht of al trillingsmetingen in gebouwen zijn uitgevoerd in eerdere onderzoeken.

Tabel 6-1 *Uitgevoerde metingen in stap 2*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Uitgevoerd onderzoek
4	Herfte Zuid	Valproef + Maaiveldmeting
7	Bloemen- en Plantenbuurt	Valproef + Maaiveldmeting (Mimosastraat west)
		Valproef + Maaiveldmeting (Mimosastraat oost)

Op locaties waar geen onderzoeken zijn uitgevoerd, wordt geïnterpoleerd vanuit nabijgelegen locaties. Omdat de bodem vrij uniform is, zorgen deze interpolaties niet voor een significante toename van de onzekerheid. De resultaten van de valproeven en maaiveldmetingen zijn opgenomen in Bijlage III.



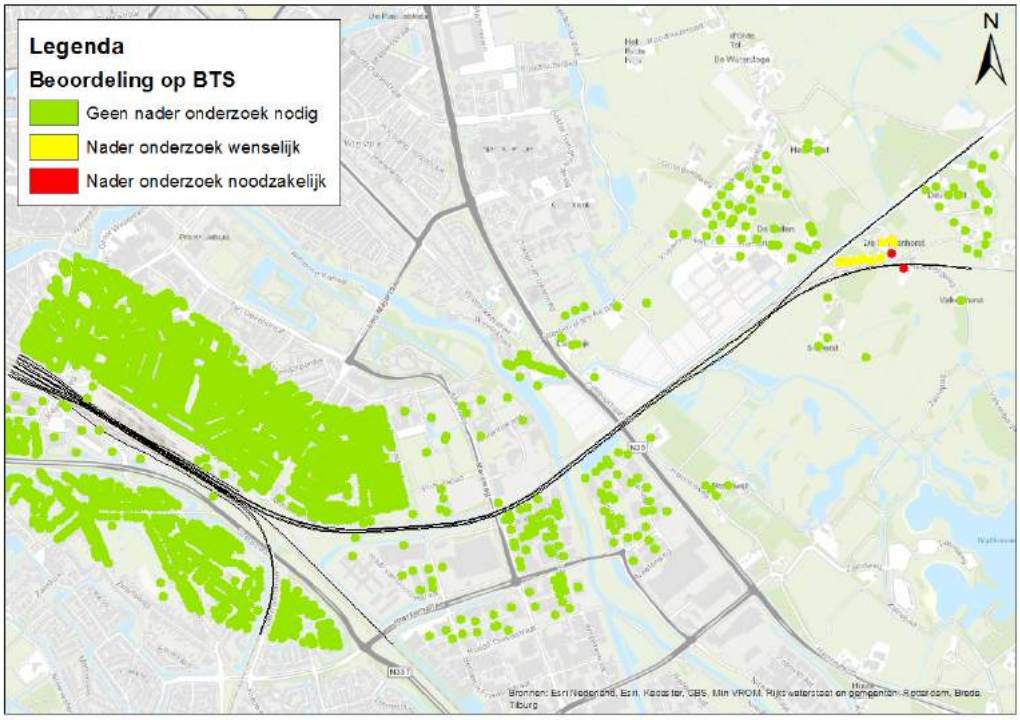
Figuur 6-1 *Onderzoekslocaties t.b.v. stap 2*

6.2 Vergelijking trillingscontouren

Met behulp van Vibra*Dyna* zijn voor alle gebouwen binnen 500 meter van de sporen de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald.

Voor de inventarisatie van aandachtslocaties worden de waarden van V_{max} in de referentie- en plansituatie en de waarde van V_{per} in de plansituatie voor elk gebouw beoordeeld op de Bts. In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven

Het resultaat van de beoordeling is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 6-2 *Beoordeling van de resultaten van het nauwkeurige model*

6.3 Aandachtslocaties

Op basis van de resultaten zoals afgebeeld in Figuur 6-2 volgt een aantal aandachtslocaties in de plansituatie. De gebieden waarin gebouwen zijn te vinden die mogelijk niet voldoen, zijn in Tabel 6-2 rood weergegeven.

Het gebied Herfte Zuid, waar een kans op overschrijdingen is, wordt in stap 3 nader onderzocht door middel van locatiespecifiek onderzoek (metingen in gebouwen).

Tabel 6-2 *Resultaten stap 1 en 2*

		Voldoet aan Bts	
Nr	**Naam deelgebied in trillingsonderzoek**	**Stap 1**	**Stap 2**
1	Stationszone Zuid		
2	Beltbuurt		
3	De Marslanden Zuid		
4	Herfte Zuid		
5	Herfte Noord		
6	De Marslanden Noord		
7	Bloemen- en Plantenbuurt		
8	Stationszone Noord		

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts

Uit eerdere onderzoeken blijkt dat het model VibraDyna een betrouwbaarheid van 95 procent heeft, een betrouwbaarheid die gebruikelijk is bij trillingsonderzoeken, zie ook

Bijlage I. Dat betekent dat in maximaal 5 procent van de gebouwen een hogere trillingssterkte of trillingsintensiteit optreedt dan het model berekent.

Verschillen tussen stap 1 en 2 worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

1. Het model van stap 2 is nauwkeuriger dan het model van stap 1. Zo worden de werkelijke bodemeigenschappen meegenomen in stap 2 en worden veel parameters frequentieafhankelijk meegenomen;
2. In stap 2 worden gebouweigenschappen meegenomen. Nieuwe gebouwen zijn vaak steviger gebouwd en hebben betonnen vloeren, waardoor trillingen vaak minder sterk zijn dan in oude gebouwen met houten vloeren;
3. In stap 2 wordt het effect van dive-unders en fly-overs nauwkeuriger meegenomen. Door de zware constructie van deze civiele kunstwerken nemen de trillingen rond deze constructies af ten opzichte van het stap 1-model.

7 Stap 3 – Onderzoek op aandachtslocaties

7.1 Algemeen

In de derde stap van het trillingsonderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd in gebouwen in de deelgebieden waar op basis van stap 2 niet wordt voldaan aan de streef- of grenswaarden met betrekking tot trillingshinder.

Ten opzichte van de tweede stap is het proces nog nauwkeuriger gemaakt doordat in stap 3 gebruik wordt gemaakt van metingen in gebouwen. De volgende aspecten van de berekening worden in deze derde stap nauwkeuriger uitgevoerd:

1. Er worden metingen in representatieve[9] gebouwen verricht, verdeeld over het deelgebied. Op basis van de meetgegevens worden prognoses gemaakt voor de toekomst. Omdat er alleen wordt gerekend met toeslagen[10], neemt de betrouwbaarheid aanzienlijk toe. Immers, de huidige situatie wordt betrouwbaar vastgesteld door middel van representatieve metingen, de toekomstige situatie wordt berekend vanuit de huidige situatie door gebruik te maken van genoemde toeslagen. Hoe beperkter het aantal wijzigingen op een locatie, hoe nauwkeuriger de toekomstige situatie kan worden vastgesteld;
2. Er wordt niet langer gerekend met verhoudingen tussen treinen, zoals in de modelberekeningen, maar met werkelijke treinpassages. Dit vergroot de betrouwbaarheid van de berekeningen en prognoses;
3. Er wordt frequentieafhankelijk gecorrigeerd voor een eventuele verandering in baanopbouw (dive-unders, zettingsvrije platen) en taludgeometrie, aan de hand van 3D eindige elementenmodellen.

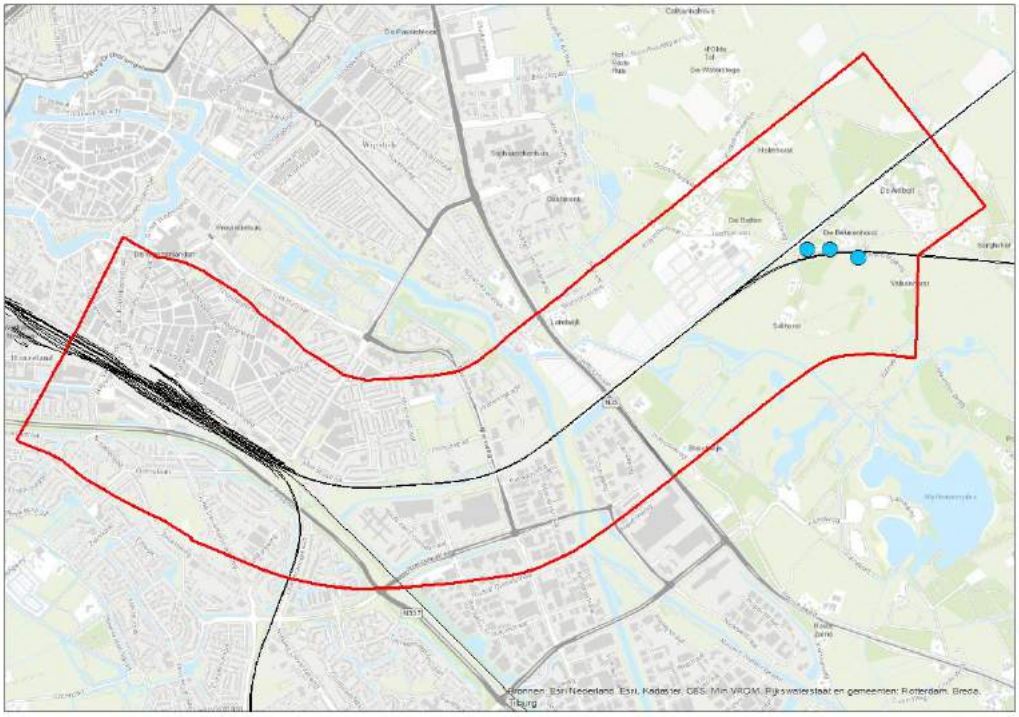
Op basis van de nauwkeurige modelberekeningen uit stap 2 volgt een aantal aandachtslocaties. Op deze locaties zijn metingen in gebouwen uitgevoerd. De meetlocaties per deelgebied zijn weergegeven in Tabel 7-1, zie ook Figuur 7-1.

Tabel 7-1 *Meetlocaties in stap 3*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Meetlocatie
4	Herfte Zuid	Herfterlaan 17
		Herfterlaan 27
		Valkenbergweg 2

De resultaten van de metingen en berekeningen per meetlocatie zijn opgenomen in Bijlage V.

[9] Representatieve gebouwen zijn geselecteerd op basis van afstand tot het spoor en gebouwkenmerken, zoals bouwperiode, gebouwafmetingen en constructiewijze.
[10] Voorbeelden van deze toeslagen zijn: toeslag voor een snelheidswijziging, voor een wijziging in geometrie van de spoordijk, voor een andere afstand tot het spoor of een nieuw te realiseren wissel.



Figuur 7-1 *Uitgevoerde metingen in gebouwen t.b.v. stap 3*

7.2 Onderzoeksaanpak

In stap 3 wordt de volgende onderzoeksaanpak gehanteerd:

1. Er wordt een trillingsmeting uitgevoerd in gebouwen;
2. Aan de hand van de resultaten van de meting wordt per treinpassage een berekening gemaakt voor de trillingen van dezelfde treinpassage in de plansituatie;
3. De resultaten van de prognose worden beoordeeld op de streef- en grenswaarden, die volgen uit de referentiesituatie (conform de Bts).

Het prognosemodel is beschreven in de volgende paragraaf.

7.3 Prognosemodel

De trillingssterkte op een bepaalde positie wordt bepaald door een groot aantal factoren. In stap 3 worden de volgende parameters onderscheiden:

- De treinsnelheid. De trillingssterkte schaalt exponentieel met de treinsnelheid;
- Invloed van wissels. De invloed van wissels neemt af met de afstand tot de wissels. In het onderzoeksgebied liggen geen wissels binnen 100 meter van de woningen. De invloed van wissels op een afstand van meer dan 100 meter is verwaarloosbaar;
- Invloed van wijzigingen in spooropbouw, zoals de aanleg van bijvoorbeeld dive-unders of fly-overs, maar ook nieuwe kunstwerken die worden gerealiseerd. Vooral bij de dive-under worden er relatief dichtbij de woningen aan de Herfterlaan wijzigingen in spooropbouw gerealiseerd. De invloed hiervan op de woningen is echter verwaarloosbaar;
- Wijzigingen in spoorligging (sporen komen verder weg of dichterbij te liggen). Door de bochtverruiming van de sporen van en naar Emmen komen de sporen bij een deel van de woningen (Herfterlaan 15 tot 21) 10 tot 15 meter verder weg te liggen. Dit verder weg liggen van de sporen heeft een reducerend effect op de trillingen.

Overige factoren, zoals aslast, afvering, wielonrondheid en overdracht in de woning tussen fundering en vloerniveau wijzigen niet bij dit project, doordat de momenteel gebruikte treintypes en de bebouwing na realisatie van het project niet gewijzigd zijn ten opzichte van de referentiesituatie. De invloed hiervan is daarom niet meegenomen.

In stap 3 worden alle wijzigingen relatief (d.w.z. ten opzichte van de metingen) beschouwd, hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekeningen groot. Alle wijzigingen worden als toeslagfactor ten opzichte van de gemeten waarde toegepast.

De invloed van de wijzigingen is onderzocht met behulp van metingen en modellen. Toeslagfactoren voor de uitdemping van de bodem, de geometriewijziging en een eventuele wijziging in baanopbouw zijn locatiespecifiek, alle overige factoren zijn universeel toepasbaar. In de volgende subparagrafen wordt de invloed van de factoren nader toegelicht.

7.3.1 *Invloed spoorafstand*

De overdracht van trillingen door de bodem kan worden beschreven met behulp van de Barkanvergelijking. De Barkanvergelijking wordt in stap 3 alleen gebruikt om relatieve veranderingen van sporen en wissels te beschrijven. Omdat het in vrijwel alle gevallen om kleine veranderingen gaat, heeft de Barkanvergelijking en de nauwkeurigheid van de parameters daarin slechts een beperkte invloed op het eindresultaat. De parameters in de Barkanvergelijking zijn bepaald uit valproeven en metingen aan treinpassages op maaiveldniveau. Meer gedetailleerde informatie over de gebruikte bodemparameters per meetlocatie is opgenomen in Bijlage III.

Naast de gewijzigde spoorafstand door de andere spoorligging, verandert voor een deel van de treinen de spoorafstand aanzienlijk doordat deze treinen in de toekomst op andere sporen gaan rijden. Bij het maken van de prognose voor de plansituatie wordt hierbij gebruik gemaakt van de lijnvoeringsschema's uit hoofdstuk 2. De positie van de sporen is weergegeven in de plankaarten in het (O)TB.

7.3.2 *Invloed snelheidswijziging*

Door wijzigingen in seinplaatsing en posities van wissels veranderen de snelheidsprofielen van de treinen. Om de invloed van de snelheid op de trillingssterkte vast te stellen is op een aantal locaties gedurende langere tijd gemeten. De relatie tussen snelheid en trillingssterkte kent een exponentieel verband tot snelheden rond de kritische treinsnelheid, deze ligt in Zwolle echter veel hoger dan 140 km/h.

7.3.3 *Invloed wijziging in treinintensiteit*

In de berekeningen voor stap 3 wordt voor elke trein de trillingssterkte in de plansituatie bepaald op basis van het trillingssignaal uit de metingen. Als gevolg van deze aanpak wordt er niet gecorrigeerd voor aanpassingen in het aantal passerende treinen. De berekende waarde van V_{per} uit de prognose dient daarom nog te worden gecorrigeerd voor wijzigingen in treinintensiteit. Een verhoging van de treinintensiteit leidt tot een hogere waarde van de trillingsintensiteit V_{per}. De nieuwe waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{per,nieuw} = V_{per,nieuw,ongecorrigeerd} \cdot \sqrt{\frac{n_{nieuw}}{n_{oud}}}$$

Hierbij is *n* de treinintensiteit in treinen per periode (dag, avond, nacht). $V_{per,nieuw,ongecorrigeerd}$ is de trillingsintensiteit zoals deze volgt uit de prognoses, deze waarde is nog niet gecorrigeerd voor wijzigingen in aantal treinen.

7.3.4 *Bepaling gewijzigde trillingssterkte*

Met behulp van de verschillende toeslagfactoren is de trillingssterkte per trein in de plansituatie bepaald op basis van de metingen. Hierbij is een extrapolatie gemaakt vanuit de huidige situatie, waarbij gebruik is gemaakt van modelberekeningen en empirische formules op basis van meetervaringen in verschillende situaties.

7.4 Resultaten

De resultaten van de metingen, die representatief zijn voor de referentiesituatie, en van de berekeningen voor de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 7-2. De verwerkingsprocedure van de metingen is opgenomen in Bijlage IV. Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de *R*-waarde van de referentiesituatie, plansituatie en de gecombineerde R_Q-waarde. Deze reproduceerbaarheidswaarde (in procenten) geeft aan of de datasets van de metingen en prognoses voor de verschillende situaties voldoende reproduceerbaar zijn. Conform het memo van Level Acoustics[11] wordt gestreefd naar een *R*-waarde die niet groter is dan 10 procent. Bij de grenswaarde *A2* in de Bts van 0.4 is de onzekerheid dan in de orde van de afrondingsfout. Voor het, door middel van een voor- en nameting, toetsen of er sprake is van een toename van meer dan 30 procent, is het ook van belang dat de onzekerheid in beide metingen niet te groot is;
- de gemeten trillingssterkte in de referentiesituatie (ref);
- de berekende trillingssterkte voor de plansituatie (plan);
- de verhouding tussen de trillingssterkte $V_{max,}$ in de plan- en referentiesituatie (Q). De streefwaarde voor deze *Q*-waarde is 1.3.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de referentiesituatie (ref);
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie (plan).

Zowel voor V_{max} als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd.

Een aantal opmerkingen bij Tabel 7-2:

- De overschrijdingen worden met name veroorzaakt door de toename van het aantal goederentreinen op het traject van en naar Meppel, en in mindere mate door die op het traject van en naar Emmen. Deze toename in het aantal goederentreinen staat overigens los van het project en is een gevolg van de autonome groei van het goederenvervoer;
- De trillingen van de treinen op het traject Zwolle – Meppel zijn hoger dan die op het traject Zwolle – Emmen. Dit is ook terug te zien in de afname in trillingssterkte en trillingsintensiteit met de afstand tot dit spoor (Herfterlaan 17 ligt meest dichtbij, Valkenbergweg 2 het meest ver weg).
- Verschillen tussen meetlocaties binnen een deelgebied worden met name veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen. Zo zal een snelheidstoename van goederentreinen meer effect hebben op de trillingssterkte voor gebouwen waar goederentreinen hogere trillingssterktes hebben dan reizigerstreinen, dan voor gebouwen waar beide types treinen vergelijkbare trillingssterktes geven.

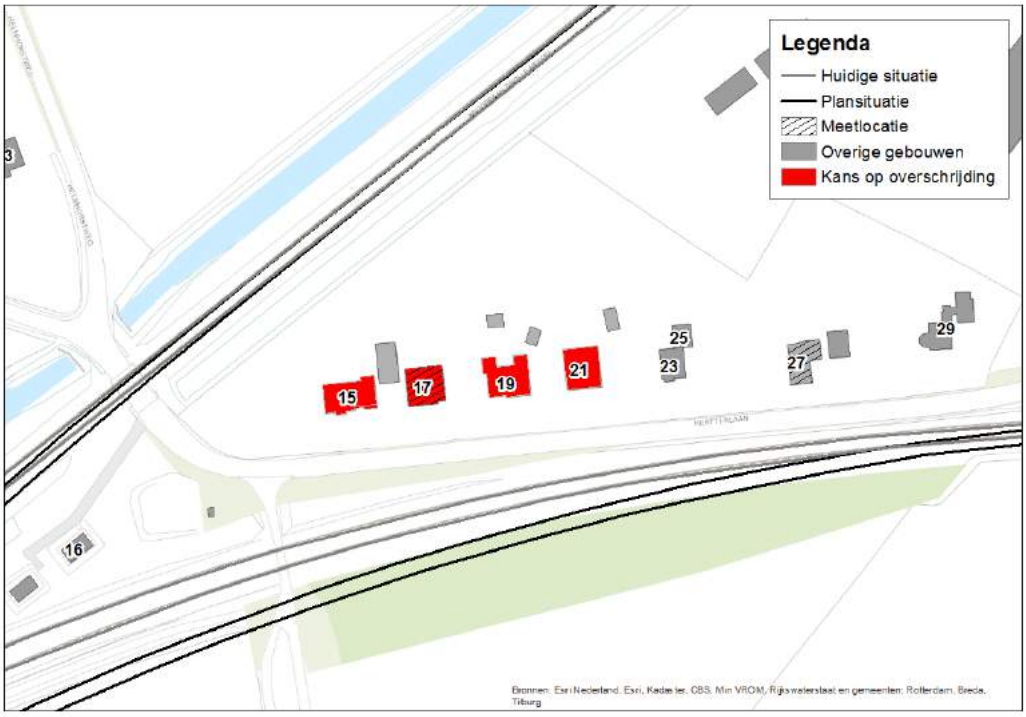
[11] Koopman, A., LA.131001.M04.2

Tabel 7-2 *Resultaten metingen in gebouwen*

		R-waarde			Trillingssterkte (V_{max})			Trillingsintensiteit (V_{per})		
Meetlocatie	**Bestemming**	R_{ref}	R_{plan}	R_Q	**ref**	**plan**	**Q**	**ref**	**plan**	**streef**
Herfterlaan 17	Wonen	6	5	8	1.02	1.02	1.00	0.09	0.12	0.1
Herfterlaan 27	Wonen	5	4	7	0.39	0.41	1.06	0.04	0.05	0.1
Valkenbergweg 2	Wonen	2	2	3	0.28	0.33	1.20	0.02	0.04	0.1

7.5 Bepaling trillingssituatie in niet-gemeten woningen

In stap 3 zijn metingen verricht op een aantal locaties per deelgebied. Om te bepalen of ook in overige gebouwen in het deelgebied een overschrijding van het beoordelingskader optreedt, zijn met behulp van de modelberekeningen (stap 2) en de metingen in woningen (stap 3) de trillingen in de overige woningen bepaald. Hierbij zijn de afmetingen van de gebouwen en het bouwjaar bepaald op basis van gegevens uit de BAG[12] en AHN2[13]. De op deze manier geïdentificeerde knelpuntlocaties zijn weergegeven in Figuur 7-2.



Figuur 7-2 *Knelpuntlocaties bij de Herfterlaan (rond meetlocatie Herfterlaan 17)*

Overschrijdingen zijn mogelijk in de woningen Herfterlaan 15 tot en met 21. De woningen Herfterlaan 15 tot en met 19 hebben sterk vergelijkbare gebouweigenschappen, de woning Herfterlaan 21 is een iets grotere woning waardoor daar iets hogere trillingen worden verwacht (grotere vloeroverspanningen). De verwachting is wel dat, omdat de overschrijdingen vooral het gevolg zijn van de trillingen van goederentreinen op de spoorlijn Zwolle - Meppel, de trillingen het hoogst zijn in Herfterlaan 15, en dat in Herfterlaan 21 nog maar een kleine kans op een overschrijding is.

[12] Basisregistratie Adressen en Gebouwen
[13] Algemeen Hoogtebestand Nederland

7.6 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de prognoses in stap 3 wordt in dit onderzoek per locatie aangegeven door middel van een bandbreedte op de eindresultaten. Voor elke factor die in het prognosemodel wordt gebruikt is de onzekerheid bepaald aan de hand van metingen of modellen. Niet voor elke locatie geldt dezelfde betrouwbaarheid omdat er op sommige locaties bepaalde wijzigingen niet optreden. Hoe minder wijzigingen, hoe groter de betrouwbaarheid van de prognose.
In dit onderzoek wordt daarom voor elke locatie, naast een prognose voor de trillingssituatie na realisatie van het project, een spreiding in de verwachte resultaten weergegeven in Bijlage V. De beoordeling vindt, zoals gebruikelijk, plaats op de verwachtingswaarde van de toekomstige trillingen.

De betrouwbaarheid van de prognose hangt eveneens sterk samen met de betrouwbaarheid van de meting op basis waarvan de prognoses of berekeningen zijn gemaakt. Alleen bij het meten van voldoende treinpassages is de meting, en daarmee ook de prognose, voldoende betrouwbaar. De betrouwbaarheid van de meting wordt in dit onderzoek aangegeven middels een zogenaamde *R*- of reproduceerbaarheidswaarde. Een *R*-waarde van kleiner dan 10 procent impliceert een goed reproduceerbare meting, de resultaten van een tweede meting zullen maximaal 10 procent afwijken van de gepresenteerde meetresultaten.

7.7 Locaties voor maatregelen

Op basis van de resultaten in Tabel 7-2 volgt een locatie met mogelijke overschrijdingen. Voor deze locatie worden in de vierde stap van het trillingsonderzoek maatregelen afgewogen op kosteneffectiviteit. Het gebied waarin gebouwen zijn te vinden die niet voldoen, is in Tabel 7-3 rood gearceerd. Het ontwerpen van maatregelen is in hoofdstuk 8 beschreven.

Tabel 7-3 *Resultaten stap 1, 2 en 3*

		Voldoet aan Bts		
Nr	**Naam deelgebied in trillingsonderzoek**	**Stap 1**	**Stap 2**	**Stap 3**
1	Stationszone Zuid			
2	Beltbuurt			
3	De Marslanden Zuid			
4	Herfte Zuid			
5	Herfte Noord			
6	De Marslanden Noord			
7	Bloemen- en Plantenbuurt			
8	Stationszone Noord			

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts
	Niet nader onderzocht

Deze mogelijke overschrijdingen na stap 3 zijn vooral het gevolg van de toename van de goederentreinen op beide baanvakken rondom Herfte, en in mindere mate van de hogere rijsnelheid van de treinen van en naar Emmen en van en naar Meppel.

Verschillen tussen stap 2 en 3 kunnen worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

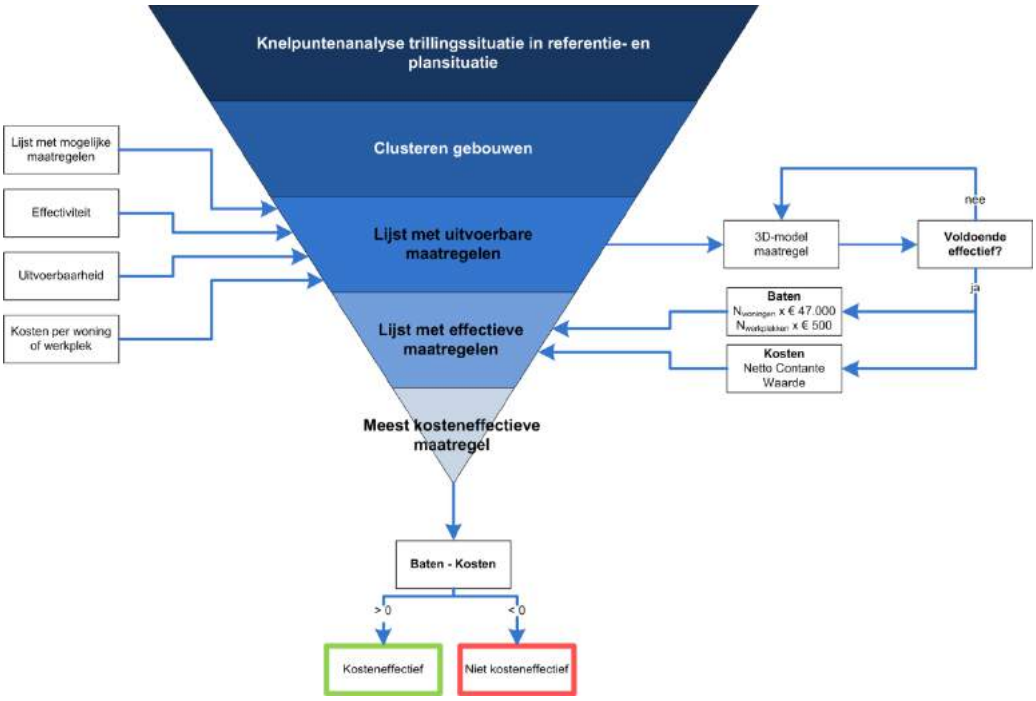
1. Het model van stap 3 is nauwkeuriger dan het model van stap 2, omdat alleen gerekend wordt met toeslagfactoren voor de wijzigingen in bijvoorbeeld treinsnelheid en de ligging van sporen. Hoe geringer deze wijzigingen zijn, hoe meer de plansituatie overeenkomt met de gemeten referentiesituatie, en hoe betrouwbaarder de berekeningen dus zijn;
2. In stap 3 wordt in gebouwen gemeten, hierdoor worden de specifieke gebouweigenschappen nauwkeuriger meegenomen dan in stap 2. Elk gebouw heeft een specifieke overdracht tussen fundering en midden vloerveld. Hierdoor is het ene gebouw gevoeliger voor een toename van de trillingssterkte in het laagfrequente gebied dan een ander gebouw. Verschillen tussen stap 2 en stap 3 worden meestal veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen

8 Onderzoek naar trillingsreducerende maatregelen

In de vierde stap van het trillingsonderzoek worden trillingsmaatregelen ontworpen voor een deel van de woningen langs de Herfterlaan. Hier worden op basis van stap 1, 2 en 3 van het trillingsonderzoek overschrijdingen van het beoordelingskader verwacht.

8.1 Gevolgde methodiek

De keuze voor een bepaalde trillingsmaatregel bestaat uit een aantal stappen. Deze stappen zijn schematisch weergegeven in Figuur 8-1. Het schema laat zien dat door middel van een getrapte aanpak gezocht wordt naar de meest kosteneffectieve maatregel. Door het volgen van deze aanpak wordt voorkomen dat onnodig veel tijd wordt gestoken in maatregelen die niet effectief zullen zijn.



Figuur 8-1 *Stappenplan voor kosteneffectiviteitsafweging*

De volgende stappen worden genomen:

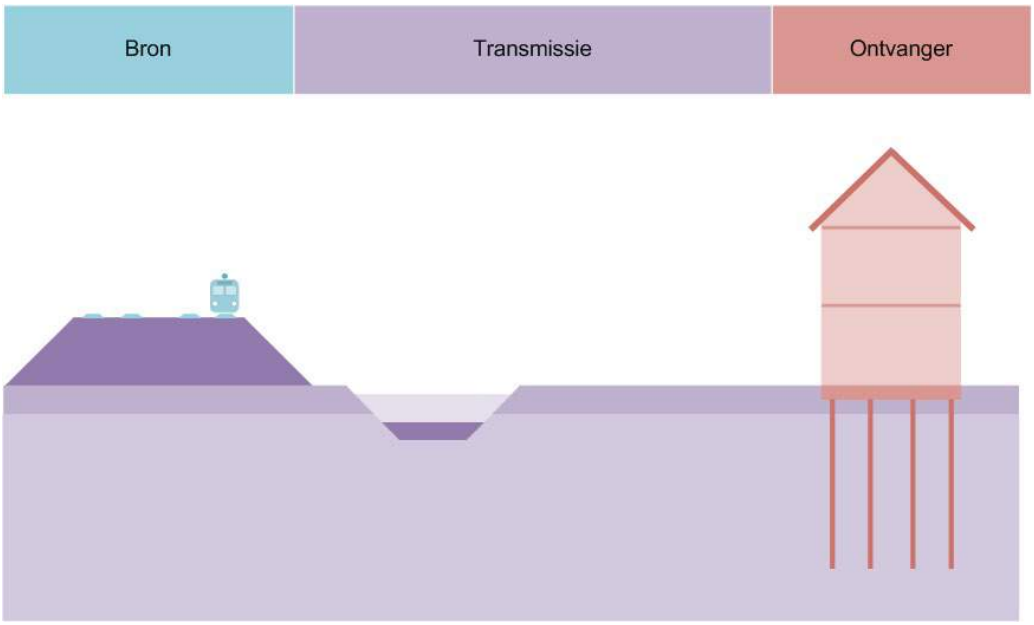
- Knelpuntenanalyse: het bepalen van V_{per} en V_{max} in de referentie- en plansituatie, dit vindt plaats op basis van het model van stap 2 en de metingen uit stap 3;
- Clustering van gebouwen: bepalen aantal gebouwen waar een kans op een overschrijding is. Een groep gebouwen waarvoor een aaneengesloten maatregel nodig is, wordt een cluster genoemd;
- Uit het overzicht van mogelijke maatregelen de uitvoerbare maatregelen selecteren. Deze afweging of een maatregel wel of niet mogelijk is (ruimtetechnisch, fysieke obstakels, effectiviteit en kosten) vindt plaats op basis van expert judgement;
- Gedetailleerd doorrekenen van uitvoerbare maatregelen. Van de effectieve maatregelen worden de kosten over de looptijd, in de vorm van een Netto Contante Waarde (NCW) bepaald, alsmede de baten. De baten zijn gedefinieerd als het aantal woningen waarvoor de maatregel voldoende effectief is bij

beoordeling op de Bts, maal het richtbedrag van € 47.000 per woning. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek gehanteerd. Resultaat van deze stap is een lijst met effectieve maatregelen;
- Uit de lijst met effectieve maatregelen wordt de meest kosteneffectieve maatregel geselecteerd (grootste reductie in aantal gehinderden tegen laagste prijs). Wanneer het saldo (baten minus kosten) positief is, is de maatregel kosteneffectief en wordt deze voorgesteld ter afweging in het (O)TB.

8.2 Mogelijke maatregelen

Trillingen ten gevolge van treinverkeer kunnen op drie posities worden gereduceerd:
1. Bij de bron (treinen[14] 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*

Voor het zoeken naar mogelijkheden voor het reduceren van de trillingshinder is het van belang de spoorbaanconstructie als complex massa-veersysteem te beschouwen. Er zijn twee mogelijke principes om de trillingshinder te reduceren:
- 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;
- Het ontkoppelen van de bron en de ontvanger door het toepassen van verende of reflecterende tussenlagen. Dit type maatregel wordt het meest toegepast.

In de praktijk is het reduceren van trillingen ten gevolge van treinverkeer zeer moeilijk, zeker als de trillingen afkomstig zijn van goederentreinen, doordat de trillingen dan zeer lage frequenties hebben. De effectiviteit van een maatregel hangt af van een groot aantal factoren. Maatregelen die op de ene locatie effectief zijn, kunnen op een

[14] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan spoorwegondernemeningen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.

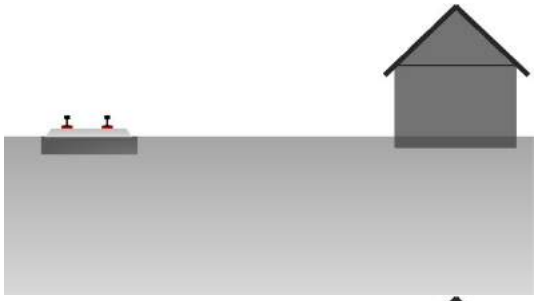
andere locatie de trillingssterkte niet of veel minder reduceren door verschillen in bijvoorbeeld het trillingsspectrum van de treinen of de bodemopbouw. Het uitvoeren van een maatregelenonderzoek vindt daarom altijd locatiespecifiek plaats.

In het voorliggende onderzoek is door middel van bronnenonderzoek een breed scala aan mogelijke trillingsmaatregelen bepaald[15]. 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 spoorsysteem. Mogelijke maatregelen zijn:

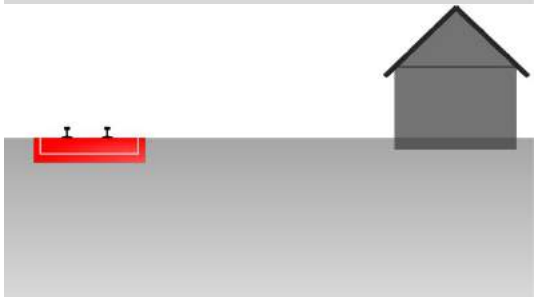
Railpads, een verende constructie tussen spoorstaaf en dwarsligger, vaak in de vorm van een rubberen plaat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 40 Hz en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen, waarbij de dominante frequentie vaak tussen de 3 en 10 Hz ligt.



Under sleeper pads, een verende constructie tussen dwarsligger en ballast of betonplaat, vaak in de vorm van een rubberen plaat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 25 Hz, en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen.

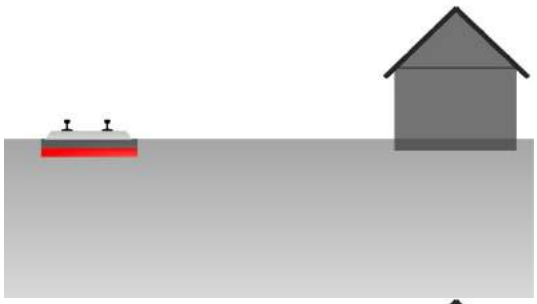
Ballastmatten, een verende constructie onder het ballast, vaak in de vorm van een rubberen mat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 20 Hz, en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen.

Floating slab track, een verende oplegging van het gehele spoorsysteem. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 5 Hz, en kan daardoor voldoende effectief zijn voor goederentreinen. Het effect hangt sterk af van de gekozen constructie (eigenfrequentie en demping).



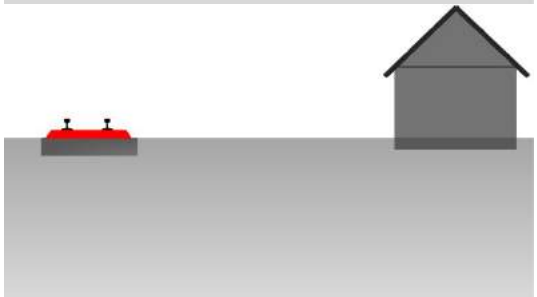
[15] Zie onder meer de maatregelencatalogus van ProRail, v1.1

Slab track, een betonplaat onder het ballast. Deze maatregel heeft vaak alleen effect bij lage frequenties en een slappe bodem door de minimalisatie van zettingsverschillen in het spoor.

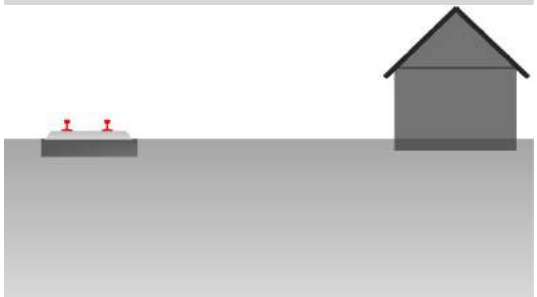


Decktrack, een betonnen constructie onder het spoor. Deze maatregel is vergelijkbaar met een slab track en heeft doorgaans alleen effect bij lage frequenties en een slappe bodem door de minimalisatie van zettingsverschillen in het spoor.

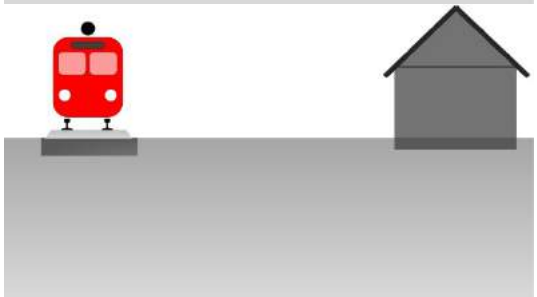
Aanpassing dwarsliggers, door de stijfheid of massa van de dwarsliggers aan te passen (grotere dwarsliggers, ander materiaal, holle dwarsliggers, etc.) kunnen de trillingen worden gereduceerd. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 8 Hz, en is daarom meestal onvoldoende effectief voor goederentreinen.



Aanpassing spoorligging, bijvoorbeeld door het verplaatsen van wissels en andere oneffenheden in het spoor, zoals de aansluiting tussen aardebaan en kunstwerk.



Aanpassing aan voertuigen, bijvoorbeeld door het reduceren van de treinsnelheid, beter toezicht op de kwaliteit van het materieel of het aanpassen van de afveerconstructie van treinwagons.[16]



8.2.2 *Mogelijke maatregelen aan de transmissie*

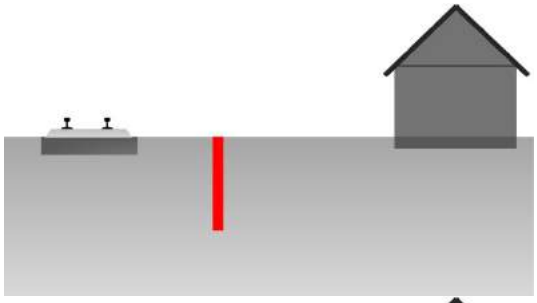
Bij maatregelen aan de transmissie (of de overdracht) kan reductie van trillingshinder worden bereikt door de trillingen te absorberen of te reflecteren. Absorptie van

[16] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan specifieke spoorwegondernemingen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen (lager dan de baanvaksnelheid) op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.

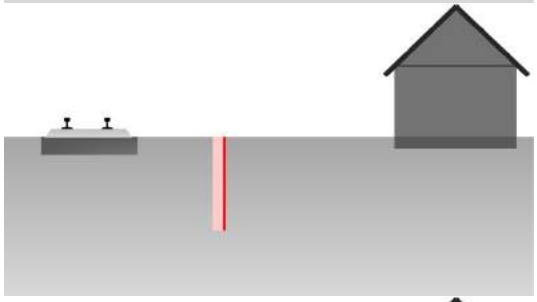
trillingen is praktisch vrijwel niet uitvoerbaar, reflectie van trillingen kan worden bereikt door het introduceren van een fysieke barrière tussen de bron en de ontvanger. Een dergelijke barrière kan worden gerealiseerd met een zeer licht materiaal zoals EPS[17] (of zelfs geen materiaal, zoals bij een 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:

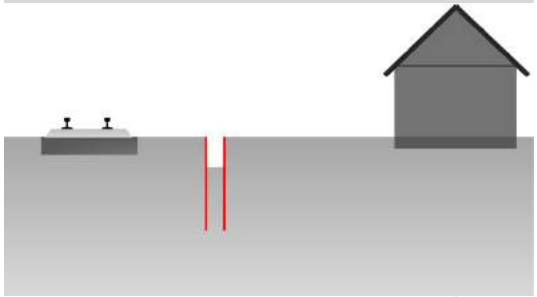
Ondergrondse trillingsreducerende constructie (OTC), bijvoorbeeld van beton of EPS. Een dergelijke constructie kan de trillingen absorberen (bij een zware constructie) of reflecteren, waardoor er een barrière ontstaat tussen bron en ontvanger.



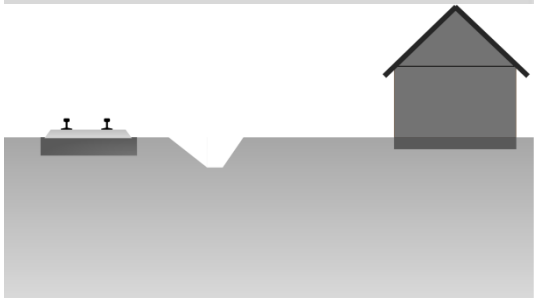
Beklede ondergrondse trillingsreducerende constructie (beklede OTC), waarbij de barrière wordt voorzien van een extra laag slap materiaal, bijvoorbeeld rubber, om een extra impedantiesprong te creëren. Deze maatregel heeft doorgaans meer effect dan een niet-beklede barrière.



Toepassen van een sleuf en damwand(en), bij deze constructie wordt een smalle sloot of EPS-constructie gerealiseerd naast een of tussen twee damwanden. De verschillende materialen zorgen voor impedantiesprongen, waardoor reflectie van de trillingsgolven optreedt.

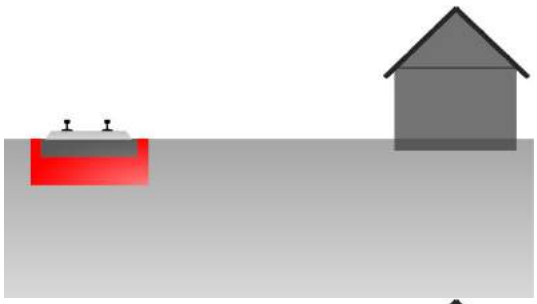


Sloot, hierbij wordt een fysieke onderbreking gecreëerd in het pad van de trillingen tussen bron en ontvanger.

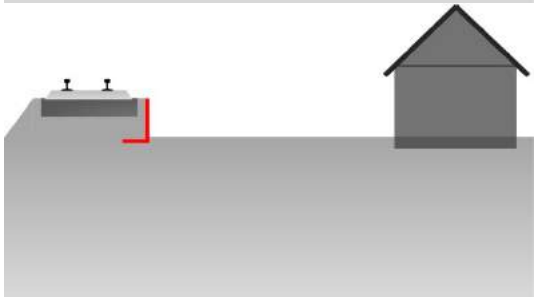


[17] EPS is een kunststof bestaande uit geëxpandeerd polystyreen, en wordt gebruikt voor fundaties en isolatie.

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. Treinen op een verhoogd talud geven doorgaans minder trillingen dan treinen die op maaiveld rijden.



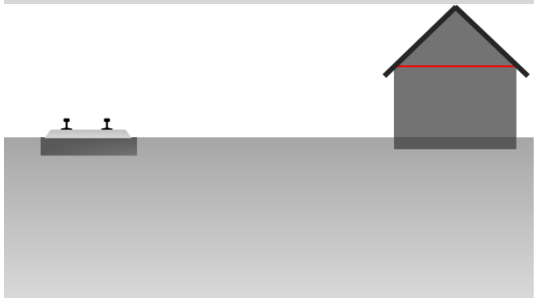
Voor al deze maatregelen geldt dat het effect voor reizigerstreinen groter is dan voor goederentreinen. Afhankelijke van de lokale bodemopbouw kunnen de maatregelen ook effect hebben voor goederentreinen. Het effect van een maatregel wordt daarom altijd frequentieafhankelijk doorgerekend, om rekening te houden met dit verschil in effect.

8.2.3 *Mogelijke maatregelen aan de ontvanger*

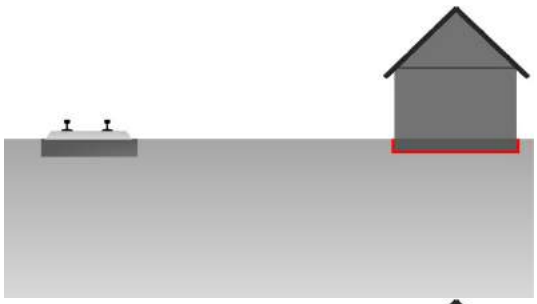
De laatste categorie maatregelen zijn maatregelen aan de ontvanger, aan de gebouwen. Nadeel van deze categorie is dat de meeste opties grote impact hebben op de gebruikers van de gebouwen en vrijwel niet uitvoerbaar zijn voor bestaande gebouwen. De volgende maatregelen zijn mogelijk:

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

Verstijven van vloeren en muren, hierbij worden (veelal houten) vloeren en soms ook muren vervangen of verstevigd door stalen of betonnen elementen.



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



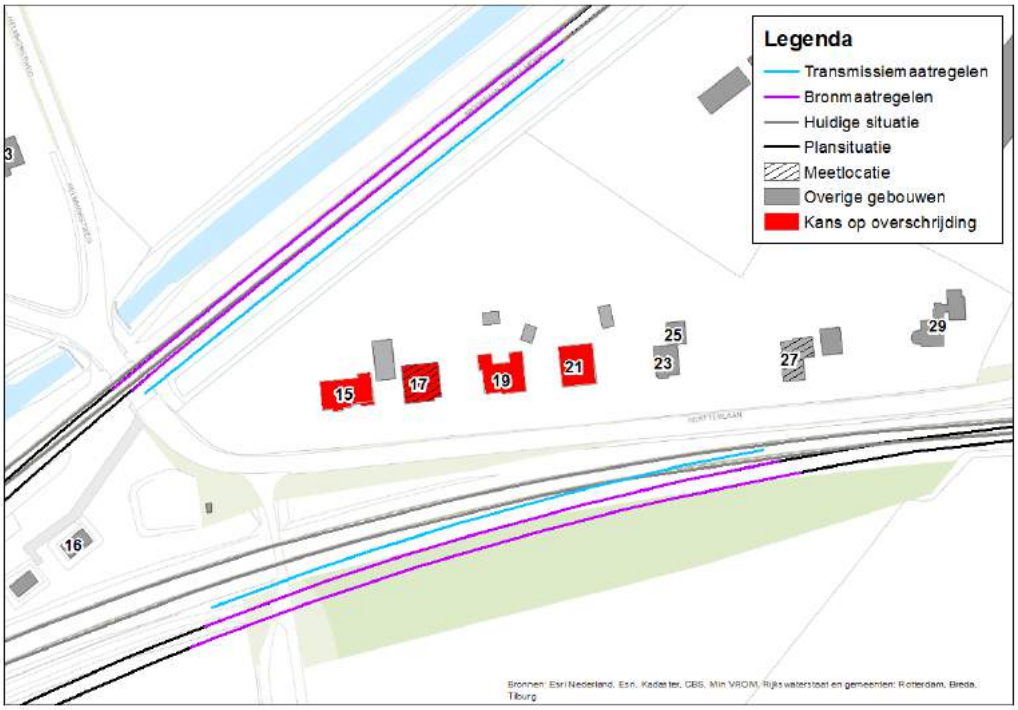
Tuned mass damper, een afgeregeld massa-veersysteem dat trillingen kan uitdempen toepassen in een woning. Een dergelijk systeem werkt vooral bij trillingen die alleen bij een bepaalde frequentie optreden, de trillingen van treinverkeer hebben vaak een breed frequentiespectrum, zodat deze maatregel vaak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

8.2.4 *Voorgestelde maatregelen*

In de volgende paragrafen wordt aangegeven welke maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit en inpassing de voorkeur verdienen.

8.3 Gebiedsbegrenzing

Uit hoofdstuk 7 blijkt dat er overschrijdingen zijn in subgebied 4 (Herfte Zuid), bij de meetlocatie Herfterlaan 17. Op basis van het nauwkeurige trillingsmodel, waarbij de resultaten gecorrigeerd zijn met behulp van de metingen, is per gebouw aangegeven of de locatie wel of niet voldoet aan het beoordelingskader, zie Figuur 8-3. Voor het cluster Herfterlaan gaat het om 4 woningen waar een overschrijding mogelijk is.



Figuur 8-3 *Locaties overschrijdingen, cluster Herfterlaan*

8.4 Onderzochte maatregelen

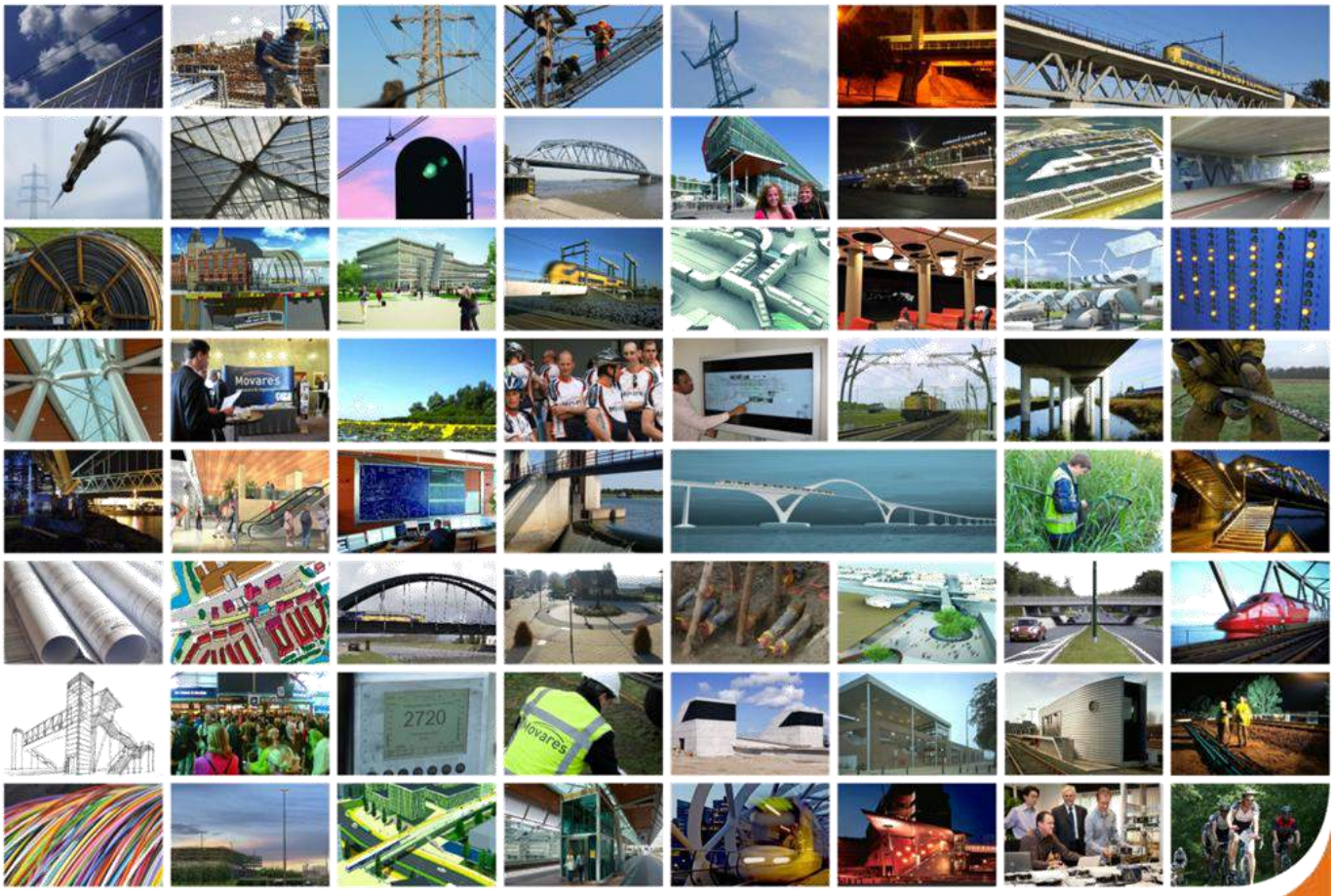
Voor het gedeelte van het subgebied dat niet voldoet is een onderzoek naar maatregelen uitgevoerd. In dit onderzoek is gefocust op een aantal maatregelen aan de bron (het spoor) en de transmissie (bodem). Voor de transmissiemaatregelen is een locatie beschouwd, zie ook Figuur 8-3: 4.5 m vanaf hart spoor. Maatregelen aan de bron moeten worden toegepast op de sporen die mogelijk voor overschrijdingen zorgen. In dit geval zijn dat alle sporen op de beide baanvakken Zwolle-Emmen en Zwolle-Meppel. De locaties voor maatregelen zijn weergegeven in Figuur 8-3. De benodigde totale lengte voor bronmaatregelen is ongeveer 775 meter, voor maatregelen aan de transmissie ongeveer 275 meter.

Uit een analyse van de gemeten trillingen en de eigenschappen van de woning volgt dat er alleen overschrijdingen van de streefwaarde worden verwacht in verticale richting op de verdiepingsvloeren. Deze overschrijding komt doordat de eigenfrequentie van de vloer (ca. 8 Hz) samenvalt met de dominante frequenties in de trillingsspectra van het treinverkeer. Om de trillingen te reduceren dient de eigenfrequentie van de vloeren te worden verhoogd tot boven de 30 Hz. Een dergelijke verhoging van de eigenfrequentie is niet realiseerbaar voor een houten verdiepingsvloer zonder het plaatsen van tussensteunpunten (lees: dragende tussenwanden) op de begane grond. Gezien de impact op de bewoonbaarheid wordt dit soort ingrijpende maatregelen buiten beschouwing gelaten. Er zijn daardoor geen effectieve maatregelen aan de woning mogelijk.

Verder blijkt dat de trillingen vooral worden veroorzaakt door treinen op de sporen van en naar Meppel. De meest waarschijnlijke oorzaak van de aanzienlijk hogere trillingssterkte van treinen op dit baanvak (vergeleken met treinen op het baanvak van en naar Emmen) is de ligging van de spoorwegovergang bij de Herfterlaan. Door het verschil in hardheid van de ondergrond tussen de spoorwegovergang (betonplaat) en

Bijlage Trillingsonderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte



Toetsgroepversie

11 januari 2016- Versie 2.0

wij verbinden

Autorisatieblad

Bijlage Trillingsonderzoek

Ontwerptracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Boon, PM		
Controle door	Veen, PC van		
Vrijgave door	Sande, PJ van de		

Samenvatting

Station Zwolle vormt het op een-na-grootste treinverkeersknooppunt van Nederland en is daarmee een belangrijke schakel voor treinen tussen het Noorden van Nederland en de Randstad. De wens bestaat om in de toekomst de capaciteit rondom station Zwolle uit te breiden en te verbeteren. Om aan deze wens te voldoen zal het spoortraject Zwolle-Herfte moeten worden aangepast om een betere aansluiting van treinen te verkrijgen en om treinen met hogere snelheid te laten passeren ter hoogte van Herfte. Hiervoor wordt het spoor uitgebreid tussen Zwolle en de aansluiting bij Herfte van twee naar vier sporen inclusief de aanleg van een vrije kruising. Hiervoor wordt een tracéwetprocedure uitgevoerd. Onderdeel van het ontwerptracébesluit voor *Zwolle-Herfte* is een onderzoek naar de milieueffecten van de voorgenomen wijzigingen.

Het doel van dit onderzoek is om voor het tracé *Zwolle-Herfte* de trillingshinder in de referentie- en plansituatie in gebouwen rond het spoor vast te stellen. Het trillingsonderzoek dient als basis voor het OTB van *Zwolle-Herfte*. Daarnaast wordt in dit onderzoek de kans op trillingsschade tijdens de exploitatie- en bouwfase van *Zwolle-Herfte* beschreven.

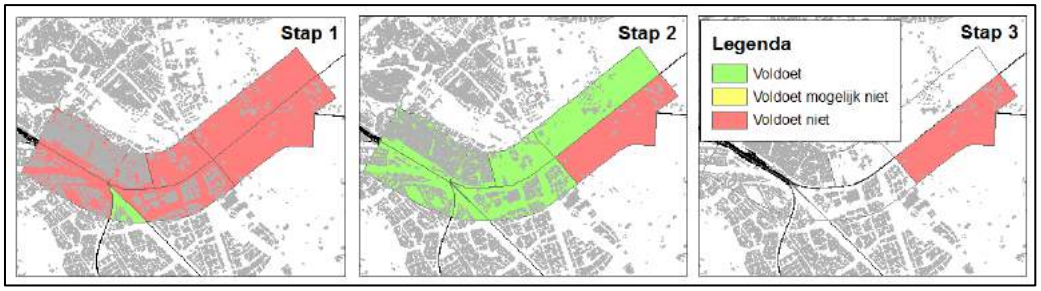
In dit onderzoek is de trillingssituatie na realisatie van *Zwolle-Herfte* vergeleken met de referentiesituatie in het jaar 2014. Middels een uitgebreid trillingsonderzoek in een zone van 500 meter rondom de sporen is de trillingssterkte in gebouwen vastgesteld. In dit trillingsonderzoek wordt gebruik gemaakt van een getrapte aanpak:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden met behulp van een globaal trillingsmodel op basis van expert judgment;
2. Stap 2: inventarisatie van aandachtslocaties aan de hand van metingen op maaiveld en empirische prognoses, verwerkt in een nauwkeurig trillingsmodel;
3. Stap 3: trillingsmetingen in woningen en nauwkeurige trillingsprognoses op aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

De beoordeling aan de hand van de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts), uitgevoerd na bovengenoemde stappen 1, 2 en 3, is weergegeven in Figuur 1. Locaties die in een bepaalde stap afvallen, behoeven niet te worden meegenomen in vervolgstappen. Ter verificatie van de gekozen aanpak zijn op een groot aantal locaties nog wel aanvullende onderzoeken verricht. Andersom is op sommige locaties geen nader onderzoek verricht omdat de resultaten uit de andere aanvullende onderzoeken voor deze locaties gebruikt kunnen worden.

Uit het onderzoek volgt dat er een kans op een overschrijding is bij enkele woningen aan de Herfterlaan. Hier is een grote kans op een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} door de toename van het aantal goederentreinen op vooral het traject naar Meppel, en in mindere mate door de hogere rijsnelheid van treinen van en naar Emmen en de toename van het aantal goederentreinen van en naar Emmen.
Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang bij de Herfterlaan de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan door technische aanpassingen door te voeren tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang. Als uit

nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel.



Figuur 1 *Resultaten trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte*

Uit het trillingsonderzoek volgt dat trillingsschade tijdens de exploitatie zeer onwaarschijnlijk is, de trillingssnelheden zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade bij omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door werkzaamheden als het intrillen van damwanden of bijvoorbeeld door heiwerkzaamheden. Met behulp van eindige elementen modellen is bepaald voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten.

In het ontwerp is op een aantal locaties sprake van werkzaamheden die mogelijk tot trillingsschade kunnen leiden. Dat zijn met name het viaduct over de Marsweg, de brug over de Nieuwe Wetering en de dive-under. Dit leidt tot een kans op schade aan woningen bij de Herfterlaan. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

Begrippenlijst

Bts	Beleidsregel trillinghinder spoor, beoordelingsrichtlijn van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu ten aanzien van trillinghinder t.b.v. de vaststelling van Tracébesluiten voor de aanleg, wijziging of opnieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg, d.d. 10 april 2012, Staatscourant. 2012, nr. 7532 en de bijbehorende wijzigingen van 24 maart 2014, Staatscourant. 2014, nr. 8251
SBR-richtlijn	Door de Stichting BouwResearch opgestelde richtlijn om trillingen te beoordelen. De richtlijn bestaat uit 3 delen: • Deel A: schade aan gebouwen; • Deel B: hinder voor personen in gebouwen; • Deel C: verstoring van apparatuur.
Geovib	3D eindige elementenmodel dat de voortplanting van trillingen door de bodem berekent. Het model is heel geschikt om verschillende varianten van bijvoorbeeld de taludgeometrie door te rekenen, of om de invloed van trillingsmaatregelen te onderzoeken. Geovib is in het verleden ontwikkeld door Movares en wordt al jarenlang toegepast binnen trillingsonderzoeken. Het model is uitvoerig geverifieerd met behulp van metingen.
VibraDyna	Een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5. Dit model is in het verleden al uitvoerig geverifieerd, zie ook Bijlage I.
(O)TB	(Ontwerp) Tracébesluit, besluit op grond van de Tracéwet, waarin het project is vastgelegd
Referentiesituatie	Huidige situatie, wordt in de Bts referentiesituatie genoemd. In dit onderzoek wordt als jaartal 2014 gehanteerd
Plansituatie	Situatie die ontstaat na realisatie van *Zwolle-Herfte*

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

Begrippenlijst **3**

1 Inleiding **6**
1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte 6
1.2 Het tracébesluit 6
1.3 Voortraject 6
1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle 7
1.5 Doel van dit onderzoek 7
1.6 Leeswijzer 7

2 Situatiebeschrijving **8**
2.1 Onderzoeksgebied 8
2.2 Referentiesituatie 9
2.2.1 *Spoorgebruik* *9*
2.2.2 *Snelheden* *10*
2.2.3 *Treinintensiteiten* *10*
2.3 Plansituatie (na realisatie project) 10
2.3.1 *Uitgangspunten* *10*
2.3.2 *Spoorgebruik* *11*
2.3.3 *Taludgeometrie* *12*
2.3.4 *Treinsnelheid* *12*
2.3.5 *Treinintensiteit* *13*
2.3.6 *Cumulatie met overige trillingsbronnen* *14*

3 Opzet trillingsonderzoek **15**
3.1 Onderzoek naar trillingshinder 15
3.1.1 *Stap 1: Inventarisatie van trillingsgevoelige locaties* *15*
3.1.2 *Stap 2: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose* *16*
3.1.3 *Stap 3: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen* *16*
3.1.4 *Stap 4: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten* *17*
3.2 Onderzoek naar trillingsschade 17

4 Beoordelingskader trillingshinder en schade **18**
4.1 Beoordeling trillingshinder 18
4.2 Beoordeling trillingsschade 19

5 Stap 1 – Globaal trillingsonderzoek **20**
5.1 Inleiding 20
5.2 Vergelijking trillingscontouren 20
5.3 Aandachtslocaties 20

6 Stap 2 – Locatiespecifiek trillingsonderzoek **22**
6.1 Inleiding 22
6.2 Vergelijking trillingscontouren 23
6.3 Aandachtslocaties 24

7 Stap 3 – Onderzoek op aandachtslocaties **26**
7.1 Algemeen 26

7.2 Onderzoeksaanpak 27
7.3 Prognosemodel 27
7.3.1 *Invloed spoorafstand* *28*
7.3.2 *Invloed snelheidswijziging* *28*
7.3.3 *Invloed wijziging in treinintensiteit* *28*
7.3.4 *Bepaling gewijzigde trillingssterkte* *29*
7.4 Resultaten 29
7.5 Bepaling trillingssituatie in niet-gemeten woningen 30
7.6 Betrouwbaarheid 31
7.7 Locaties voor maatregelen 31

8 Onderzoek naar trillingsreducerende maatregelen 33
8.1 Gevolgde methodiek 33
8.2 Mogelijke maatregelen 34
8.2.1 *Mogelijke maatregelen aan de bron* *35*
8.2.2 *Mogelijke maatregelen aan de transmissie* *36*
8.2.3 *Mogelijke maatregelen aan de ontvanger* *38*
8.2.4 *Voorgestelde maatregelen* *39*
8.3 Gebiedsbegrenzing 39
8.4 Onderzochte maatregelen 40
8.5 Resultaten detaillering maatregelen 42
8.6 Voorgestelde maatregel 43

9 Trillingsschade 45
9.1 Inleiding 45
9.2 Uitgangspunten 45
9.3 Modellering 46
9.4 Resultaten 46
9.5 Schadecontouren 48
9.6 Aanbevelingen 49

10 Conclusies en aanbevelingen 51
10.1 Onderzoek naar trillingshinder 51
10.2 Onderzoek naar trillingsschade 52

Colofon 53

Bijlage I VibraDyna

Bijlage II Beoordelingskader

Bijlage III Resultaten bodemonderzoek en maaiveldmetingen

Bijlage IV Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Bijlage V Resultaten onderzoek naar trillingshinder

Bijlage VI Effectiviteit maatregelen

1 Inleiding

1.1 De spooruitbreiding Zwolle – Herfte

De capaciteit van het baanvak tussen station Zwolle en de spoorsplitsing bij Herfte is te klein. Hierdoor moeten veel binnenkomende en vertrekkende treinen op station Zwolle op elkaar wachten, waardoor treinreizen langer duren dan nodig. De beperkte capaciteit maakt het ook onmogelijk om de dienstregeling uit te breiden met extra treinen. Deze uitbreiding is wel gewenst. Om deze problemen op te lossen zullen onder meer twee extra sporen en een vrije spoorkruising tussen Zwollen en Herfte worden aangelegd.

1.2 Het tracébesluit

In het Tracébesluit spooruitbreiding Zwolle - Herfte wordt de uitbreiding van de sporen en de ligging van het tracé planologische vastgelegd.
Het tracébesluit heeft betrekking op de uitbreiding van de hoofdspoorweg vanaf het emplacement van station Zwolle tot voorbij de aansluiting in Herfte alsmede de verlegging van een spoor op emplacement Zwolle ten behoeve van een perronverbreding. Bij de spooruitbreiding worden de volgende maatregelen getroffen:

- de realisatie van twee nieuwe geëlektrificeerde sporen over een lengte van ongeveer 3 kilometer vanaf het emplacement van station Zwolle (km 2.85) tot voorbij de aansluiting in Herfte (tot km 77.6 van de spoorlijn Zwolle - Meppel en km 4.8 van de spoorlijn Zwolle - Emmen);
- het realiseren van een vrije spoorkruising tussen km 76.9 van de spoorlijn Zwolle – Meppel en km 4.15 van de spoorlijn Zwolle - Emmen;
- het realiseren van nieuwe kunstwerken;
- het verleggen van spoor 16 op het emplacement van station Zwolle ten behoeve van het realiseren van een perronverbreding;
- het aanpassen van de bestaande infrastructuur.

Het project betreft een uitbreiding van een reeds bestaande verbinding. Het tracébesluit doorloopt in dit geval de verkorte Tracéwetprocedure.

1.3 Voortraject

In het voortraject van het ontwerptracébesluit zijn drie varianten voor de vrije kruising in de spooruitbreiding onderzocht. Deze drie varianten waren:

- Een vrije kruising door middel van een dive under ter plaatse van de Mimosastraat
- Een vrije kruising door middel van een fly over nabij de Marsweg
- Een vrije kruising door middel van een dive under nabij de spoorsplitsing bij Herfte

Van deze drie varianten is een ontwerp gemaakt en zijn de kosten geraamd. Van elk van de varianten zijn de effecten op de reistijden en de effecten op het milieu in kaart gebracht.
In het Bestuurlijk Overleg van 16 oktober 2015 is de voorkeur uitgesproken voor variant 3: de vrije kruising door middel van een dive under bij Herfte. In de kamerbrief Uitkomsten BO's MIRT najaar 2015 (13 november 2015) heeft de minister van de IenM de kamer geïnformeerd over de variantkeuze. In het (ontwerp)tracébesluit zijn de spooraanpassingen volgens deze variant uitgewerkt.

1.4 Relatie met ZwolleSpoort en andere ontwikkelingen rond Zwolle

De spooraanpassingen tussen Zwolle en Herfte maken onderdeel uit van het grotere programma ‘ZwolleSpoort’. In dit kader worden ook sporen, wissels en seinen bij station Zwolle aangepast en wordt het Rangeer- en Goederenstation (RGS) Zwolle uitgebreid en voorzien van een tweede toegang. Die aanpassingen maken geen onderdeel uit van het tracébesluit.

1.5 Doel van dit onderzoek

In dit rapport zijn de effecten van de spooruitbreiding en de vrije kruising op het aspect trillingen beschreven. Dit rapport vormt een bijlage bij het tracébesluit. De uitkomsten van dit rapport zijn in samengevatte vorm opgenomen in de Toelichting bij het tracébesluit.

1.6 Leeswijzer

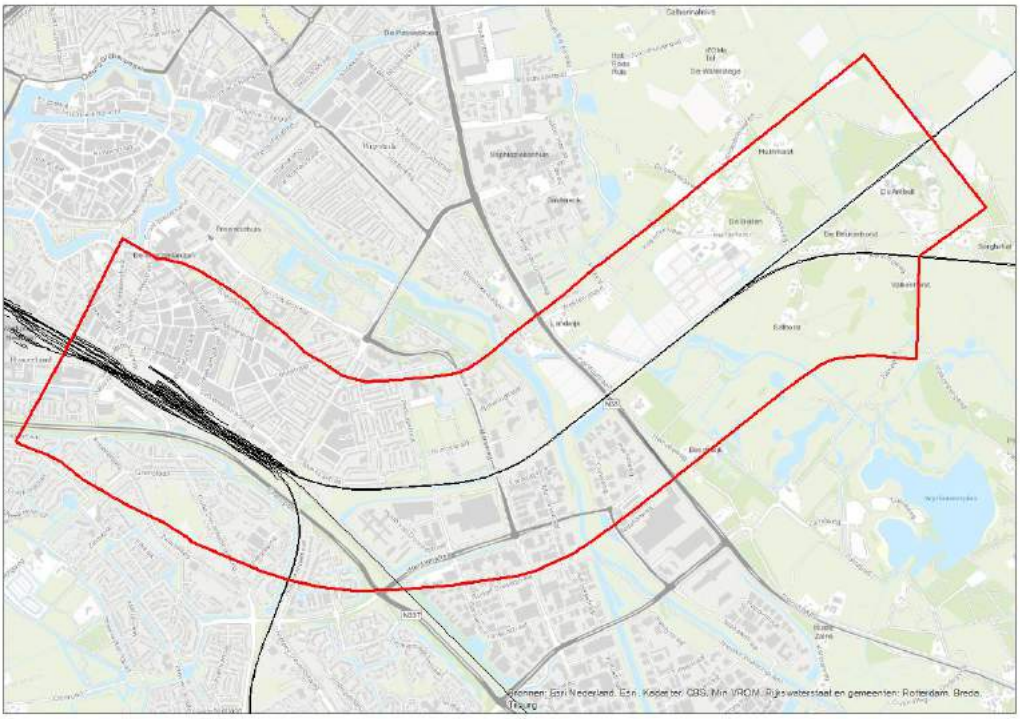
Het volgende hoofdstuk (2) beschrijft de referentiesituatie en de plansituatie voor het trillingsonderzoek. Hoofdstuk 3 beschrijft de opzet van het onderzoek. In hoofdstuk 4 wordt het beoordelingskader voor trillingshinder en trillingsschade gegeven. De hoofdstukken 5 tot en met 8 geven de resultaten van de vier stappen in het onderzoek, waarbij in hoofdstuk 8 de afweging van trillingsmaatregelen is gegeven. Hoofdstuk 9 gaat in op trillingsschade. In het laatste hoofdstuk, hoofdstuk 10, staan conclusies en aanbevelingen.

2 Situatiebeschrijving

In het trillingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties:
1. De referentiesituatie conform de Bts, in 2014;
2. De plansituatie, de situatie die ontstaat na realisering van het project *Zwolle-Herfte*.

2.1 Onderzoeksgebied

Het tracédeel waarop dit trillingsonderzoek betrekking heeft, is het gebied tussen Station Zwolle (km 3.0) / Herfte (km 78.4 op het spoortraject richting Meppel en *km* 4.8 op het spoortraject richting Emmen), zie Figuur 2-1. In dit gebied vinden wijzigingen in snelheid en sporenlay-out plaats ten gevolge van het project *Zwolle-Herfte*. Deze wijzigingen hebben invloed op de trillingen in gebouwen rond het spoor.



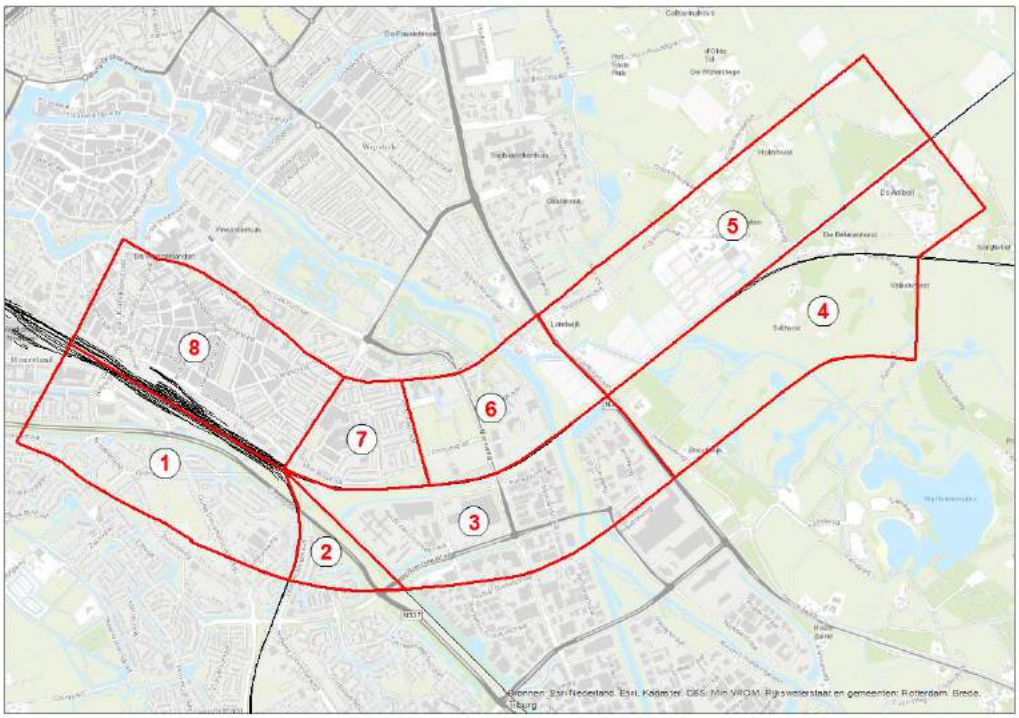
Figuur 2-1 *Onderzoeksgebied trillingsonderzoek*

Het onderzoeksgebied is opgedeeld in deelgebieden, zie Figuur 2-2. Deze opdeling heeft plaatsgevonden op basis van type bebouwing, afstand tot het spoor, bodemgesteldheid en treinsnelheid. Door deze benaderingswijze is het mogelijk om bepaalde onderzoeksgebieden in hun geheel wel of niet mee te nemen in vervolgonderzoek.

De nummers van de deelgebieden zijn weergegeven in Tabel 2-1. Per deelgebied is een naam gekozen. Deze namen worden in het vervolg van dit onderzoek gehanteerd.

Tabel 2-1 *Deelgebieden met namen en nummers*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Belangrijke stra(a)t(en)
1	Stationszone Zuid	Wagenveldtraat, Vrouwenlaan
2	Beltbuurt	Oldermannenlaan
3	De Marslanden Zuid	Marsweg, Anthony Fokkerlaan
4	Herfte Zuid	Herfterlaan, Valkenbergweg
5	Herfte Noord	Herfterlaan, Helmhorstweg
6	De Marslanden Noord	Marsweg
7	Bloemen- en Plantenbuurt	Mimosastraat, Magnoliastraat
8	Stationszone Noord	Deventerstraatweg



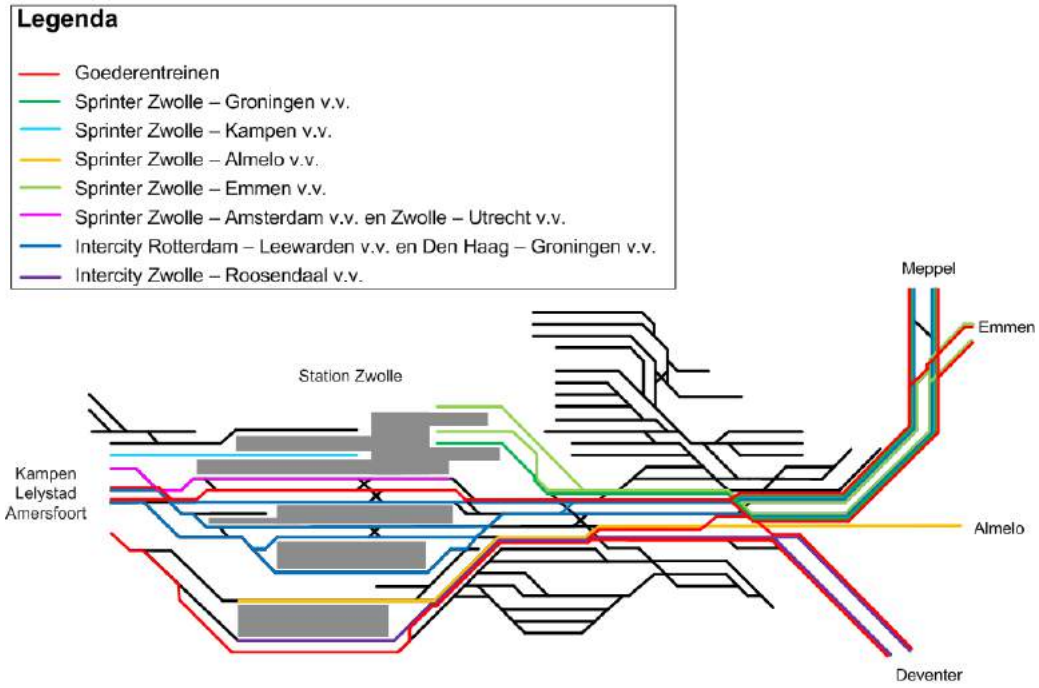
Figuur 2-2 *Deelgebieden trillingsonderzoek*

2.2 Referentiesituatie

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de referentiesituatie. Als referentiesituatie conform het vigerende beleidskader, de Bts, geldt de spoorligging van 2014, vóór aanvang van de werkzaamheden ten behoeve van *Zwolle-Herfte*. De beoordeling van trillingshinder vindt plaats ten opzichte van deze situatie. Alle overige gegevens, zoals spoorgebruik en treinintensiteiten, worden ook genomen uit dit referentiejaar.

2.2.1 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik in de referentiesituatie is weergegeven in Figuur 2-3. De gegevens over het spoorgebruik en de ligging tot de sporen in de referentie- en plansituatie zijn gebruikt om de verandering in trillingen vast te stellen.



Figuur 2-3 *Lijnvoeringsschema in referentiesituatie*

2.2.2 *Snelheden*

Voor de snelheidsprofielen worden de maximale te hanteren snelheden gebruikt, deze zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de aanzet- en remcurves van de diverse treintypes. De in dit onderzoek gehanteerde maximale snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn weergegeven in Figuur 2-5.

2.2.3 *Treinintensiteiten*

De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 2-2 (zie pag. 13).

2.3 Plansituatie (na realisatie project)

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de plansituatie tussen station Zwolle en de aansluiting bij Herfte, na realisatie van *Zwolle-Herfte*. De belangrijkste wijzigingen zijn veranderingen in spoorgebruik, rijsnelheid en het verwijderen van een groot aantal wissels op het emplacement van station Zwolle.

2.3.1 *Uitgangspunten*

Voor de plansituatie is in het trillingsonderzoek gebruik gemaakt van de tekeningen van het project *Zwolle-Herfte*[1] en de bijbehorende uitgangspuntennotitie[2].

Ten opzichte van de referentiesituatie zijn in de plansituatie de volgende zaken gewijzigd:

1. Sporenlay-out (en samenhangend ook het spoorgebruik). Het ontwerp voorziet in een verdubbeling van de sporen tussen Zwolle en Herfte van twee naar vier sporen inclusief de aanleg van een vrije kruising. Hierdoor ondervinden de treinen

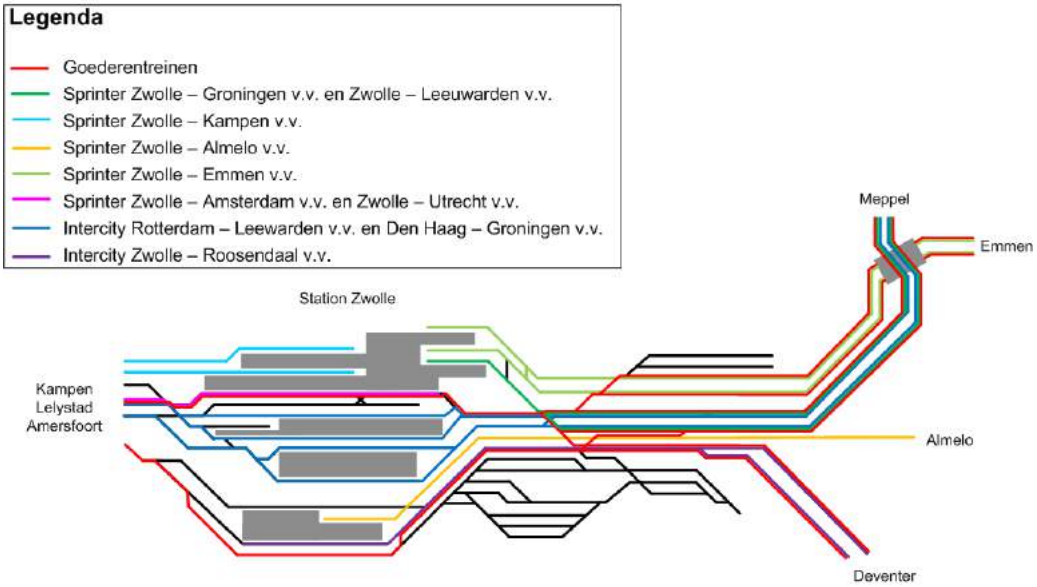
[1] Tekeningen Ontwerp Zwolle-Herfte, Movares, C30-RSC-AU-1500071, C30-RSC-AU-1500072 C30-RSC-AU-1500073 , 6 mei 2015
[2] Uitgangspunten notitie onderzoeken OTB Zwolle –Herfte, Prorail, 18 februari 2015

van en naar Leeuwarden en Groningen geen hinder meer van de treinen van en naar Emmen. De vrije kruising wordt gerealiseerd door middel van een dive-under bij Herfte, waarbij de sporen richting Emmen onder de sporen richting Meppel doorgaan.

2. De rijsnelheid van de treinen wijzigt door een wijziging in seinplaatsing en spoorgebruik. De belangrijkste wijzigingen in de snelheid zijn:
    a. Verhoging van de baanvaksnelheid van en naar Emmen ter hoogte van Herfte van 80 naar 130 km/h voor reizigerstreinen. Dit wordt mogelijk gemaakt door de vrije kruising, en leidt tot een snellere afhandeling van het treinverkeer en kortere reistijden. Zowel in de huidige als de toekomstige situatie blijven goederentreinen van en naar Emmen ter hoogte van Herfte 90 km/h rijden. In incidentele gevallen kunnen goederentreinen vanuit Emmen maximaal 100 km/h rijden. Uit een nadere analyse blijkt dat dit geen gevolgen heeft voor de trillingssituatie in de onderzochte woningen. In dit rapport is deze situatie daarom niet nader uitgewerkt;
    b. Verhoging van de rijsnelheid van goederentreinen ter hoogte van station Zwolle van 40 naar 60 km/h. Door deze snelheidsverhoging wordt het mogelijk om de capaciteit van station Zwolle te vergroten voor reizigerstreinen. Overigens is deze snelheidsverhoging geen onderdeel van het project Zwolle-Herfte, de snelheidsverhoging hangt samen met het verwijderen van een groot aantal wissels op het emplacement ten oosten van station Zwolle;
    c. De aanpassingen die nodig zijn voor het project *gelijktijdigheden* betreffen aanpassingen van sporen, wissels en seinen net ten oosten van het station Zwolle. Door deze, in wezen beperkte, aanpassingen binnen de spoorzone kunnen de treinen van en naar Meppel, Enschede en Deventer tegelijk binnenkomen en vertrekken. De snelheid van deze treinen kan omhoog van 40 km/u naar 60 km/u (Enschede en Deventer) respectievelijk 80 km/u (Meppel). Hiermee wordt de reistijd verkort. Deze snelheidsverhoging is geen onderdeel van de spooruitbreiding *Zwolle-Herfte* waarvoor het OTB wordt gemaakt. Met deze snelheid is in dit onderzoek wel rekening gehouden.
3. Beperkte wijziging in treinintensiteiten, onder meer een beperkte toename van het aantal goederentreinen richting Meppel en Emmen. Daarnaast rijdt de sprinter Leeuwarden – Meppel in de plansituatie door naar Zwolle. Op het traject Zwolle – Meppel neemt het aantal sprinters dus toe.

2.3.2 *Spoorgebruik*

Het spoorgebruik is weergegeven in Figuur 2-4. De belangrijkste wijziging is de ontvlechting van het treinverkeer op de corridors Zwolle – Meppel en Zwolle – Emmen. De getoonde sporen ter hoogte van station Zwolle (langs de perrons) zijn overigens geen onderdeel van het tracé Zwolle-Herfte.



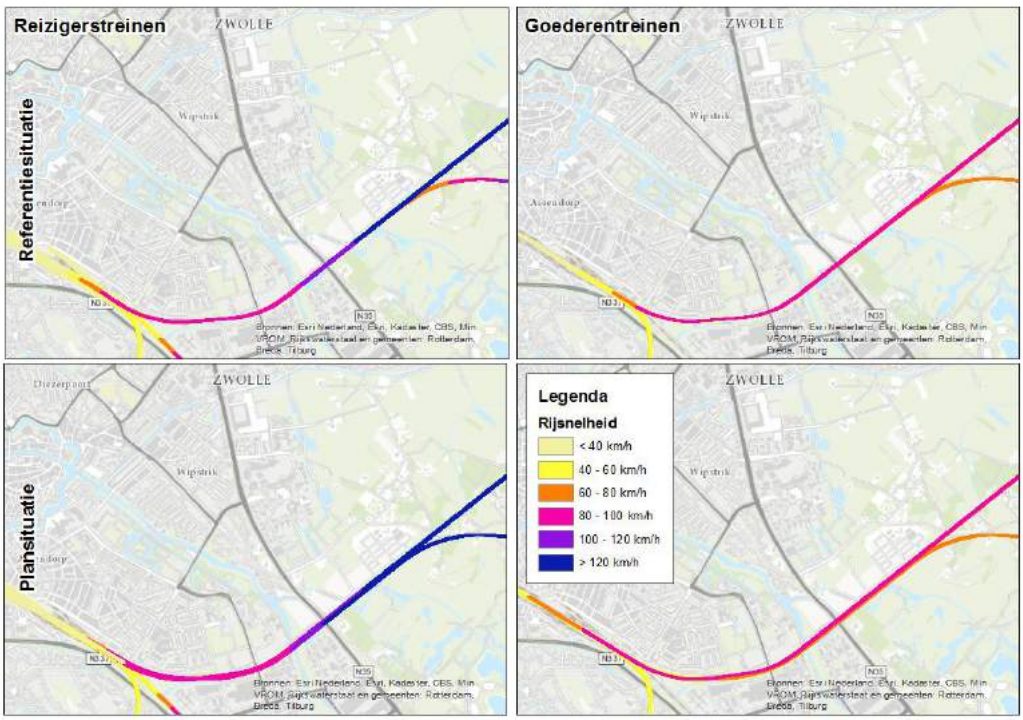
Figuur 2-4 *Lijnvoeringsschema in plansituatie*

2.3.3 *Taludgeometrie*

Het project leidt niet tot significante wijzigingen in taludgeometrie, wel wordt er een dive-under gerealiseerd. In het onderzoek is gecorrigeerd voor deze constructies. De terreinhoogte is gebaseerd op de hoogtekaarten van het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN, versie 2).

2.3.4 *Treinsnelheid*

Ook voor de plansituatie zijn de snelheden van de treinen per locatie bepaald aan de hand van de seinplaatsing. De maximale snelheid van goederen- en reizigerstreinen in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur 2-5. In deze figuur valt vooral op dat reizigerstreinen in de richting van Emmen harder gaan rijden, deze treinen kennen bij Herfte een snelheidsverhoging van ongeveer 80 naar ongeveer 130 km/h. Dit leidt tot een snellere afwikkeling van het treinverkeer en kortere reistijden, en wordt vooral mogelijk gemaakt door het realiseren van andere wissels bij station Zwolle, de boogverruiming en de ongelijkvloerse kruising bij Herfte en optimalisatie van de posities van wissels en seinen.



Figuur 2-5 *Maximale snelheden voor reizigers- (links) en goederentreinen (rechts) in de referentie- (boven) en plansituatie (onder)*

2.3.5 *Treinintensiteit*

De treinintensiteiten in de referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Tabel 2-2. In deze tabel staat *Referentie* voor referentiesituatie en *Plan* voor plansituatie. De treinaantallen zijn etmaalgemiddelden, afgeleid van jaarprognoses, en gebaseerd op de PHS prognose voor de plansituatie.

Tabel 2-2 *Treinaantallen per uur per richting*

	Dag (7:00 – 19:00)		Avond (19:00 – 23:00)		Nacht (23:00 – 7:00)	
Treintype en verbinding	**Huidig**	**Plan**	**Huidig**	**Plan**	**Huidig**	**Plan**
Intercity Rotterdam – Leeuwarden v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Intercity Den Haag – Groningen v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Sprinter Zwolle – Leeuwarden v.v.	-.--	2.00	-.--	2.00	-.--	0.64
Sprinter Zwolle – Groningen v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64
Intercity + Sprinter Zwolle – Emmen v.v.	2.00	2.00	0.57	0.57	0.66	0.66
Sprinter Zwolle – Coevorden v.v.	0.47	0.57	0.00	0.00	0.10	0.13
Sprinter Zwolle – Almelo v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.38	0.38
Intercity Deventer – Zwolle v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	0.25	0.25
Goederen Zwolle – Leeuwarden v.v.	0.05	0.37	0.18	0.41	0.18	0.36
Goederen Zwolle – Emmen v.v.	0.01	0.08	0.04	0.08	0.03	0.05
Goederen Zwolle – Deventer v.v.	0.07	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06

Voor goederentreinen betekent dit op de lijn Zwolle – Emmen een toename van gemiddeld 0.5 naar 1.7 goederentreinen per dag per richting en op de lijn Zwolle – Meppel een toename van 2.8 naar 9.0 goederentreinen per dag per richting. Deze toename van het aantal goederentreinen is een gevolg van de autonome groei van het goederenverkeer, en staat dus los van het project.

2.3.6 *Cumulatie met overige trillingsbronnen*

De cumulatie van de trillingen van treinverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer de verschillende trillingsbronnen afzonderlijk worden bekeken. In het onderzoeksgebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtverkeer. In de praktijk treedt cumulatie op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes. Dit betekent doorgaans dat de afstand tot beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn. In de praktijk worden alleen die trillingsbronnen beschouwd die parallel aan het spoor lopen;
2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een treinpassage ook een ander voertuig langskomt wat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke vervoerslijnen, zoals buslijnen en intensief door vrachtverkeer gebruikte wegen.

In het onderzoeksgebied voldoet alleen de Deventerstraatweg, bij het station, aan de tweede conditie. De trillingen van de bussen op deze weg verschillen door het grote verschil in afstand tussen de woningen en de busbaan en de woningen en het spoor echter dermate van de trillingen van het treinverkeer dat er geen significante cumulatie zal optreden.

3 Opzet trillingsonderzoek

Dit trillingsonderzoek bestaat uit twee onderdelen:

- Onderzoek naar trillingshinder tijdens de exploitatiefase ten behoeve van het OTB *Zwolle-Herfte*. In dit deel van het onderzoek worden alle gebouwen in een zone van 500 meter rond het spoor beoordeeld op het vigerende beoordelingskader, de Bts;
- Onderzoek naar trillingsschade tijdens de realisatie- en exploitatiefase. Voor de realisatiefase wordt voor gebouwen in de nabijheid van bouwwerkzaamheden een beoordeling uitgevoerd op de SBR A-richtlijn. De kans op trillingsschade tijdens de exploitatiefase wordt eveneens beoordeeld op de SBR A-richtlijn.

In dit hoofdstuk wordt de voor beide onderzoeken gevolgde aanpak nader toegelicht.

3.1 Onderzoek naar trillingshinder

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingshinder worden verschillende stappen doorlopen. De stappen hebben een toenemende nauwkeurigheid, waarbij in elke volgende stap de nauwkeurigheid groter wordt. Op deze manier wordt alleen verder onderzoek gedaan op een locatie wanneer dat nodig is, de zogenaamde zeefmethode.

De volgende stappen worden achtereenvolgens doorlopen:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder – conform de definities van de Bts – kan optreden met behulp van een globale berekening in het trillingsmodel Vibra*Dyna*[3];
2. Stap 2: verfijning van het onderzoek door gebruik te maken van valproeven[4], maaiveldmetingen[5] en gebouwgegevens – zoals bouwjaar, afmetingen, bouwstijl en bouwhoogte – middels een nauwkeurige berekening in Vibra*Dyna*;
3. Stap 3: uitvoeren van trillingsmetingen en maken van nauwkeurige trillingsprognoses voor aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

Bovengenoemde vier stappen worden in de volgende subparagrafen nader toegelicht.

3.1.1 *Stap 1: Inventarisatie van trillingsgevoelige locaties*

Om een goede voorspelling te kunnen maken van de trillingssituatie, is door Movares het rekenmodel Vibra*Dyna* ontwikkeld op basis van een groot aantal metingen die in geheel Nederland zijn uitgevoerd, aangevuld met gegevens uit modelberekeningen. Met dit model wordt voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld gebracht. Het model wordt toegepast op een zone van 500 meter aan weerszijden van de sporen.

[3] Vibra*Dyna* is een door Movares ontwikkeld rekenmodel, gebaseerd op empirische formules, modelberekeningen en een groot aantal metingen, dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5.
[4] Valproeven zijn metingen waarbij met behulp van een kunstmatige trillingsbron trillingen worden gegenereerd, waarna deze op verschillende afstanden tot de trillingsbron worden gemeten. Met behulp van dit type metingen kunnen de bodemeigenschappen worden bepaald. Deze bodemeigenschappen zijn van belang voor de uitdemping van de trillingen met de afstand tot het spoor.
[5] Maaiveldmetingen: bij deze metingen worden de trillingen van de passerende treinen op een vaste referentieafstand van 20 meter gemeten op verschillende locaties langs het tracé.

Alle aannames in het model zijn worst-case[6] (conservatief). Hierdoor is de door het model geprognosticeerde trillingssituatie per gebouw een bovengrens. In veel gebouwen zal de trillingssterkte in werkelijkheid lager zijn dan de waarde die uit het model volgt. Door deze aanpak wordt voorkomen dat bepaalde gebouwen waar in werkelijkheid wel trillingshinder optreedt, niet worden meegenomen in de vervolgstappen van het trillingsonderzoek. Anderzijds resulteert dit wel in een overschatting van het aantal gebouwen met een overschrijding van het beoordelingskader.
Het model wordt toegepast op een zone van 500 meter rondom de sporen. Op grotere afstand tot het spoor is geen significante toename in trillingshinder te verwachten en zijn de trillingssterktes lager dan de streefwaarden uit de Bts. Trillingen zijn op dergelijke grote afstanden doorgaans niet voelbaar.

Met het model worden voor alle gebouwen in het onderzoeksgebied in de referentie- en plansituatie de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Deze stap van het onderzoek wordt in hoofdstuk 5 beschreven.

3.1.2 *Stap 2: Indicatieve trillingsmeting en empirische prognose*

Op locaties uit het stap 1-onderzoek waar (een toename van) trillingshinder niet valt uit te sluiten, is nader onderzoek verricht. De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- Trillingsmetingen aan treinpassages op maaiveld loodrecht op het spoor, om de bronsterkte van de verschillende passerende treinen te bepalen;
- Valproeven om de afname van de trillingen met de afstand tot de trillingsbron van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

De resultaten van deze metingen zijn gebruikt als invoer in een nauwkeurige berekening in Vibra*Dyna*, waar vervolgens een nauwkeurige berekening is uitgevoerd met locatie- en frequentieafhankelijke parameters. In de berekeningen wordt rekening gehouden met de eigenschappen van de bebouwing, zoals de afmetingen, de hoogte en het type vloeren. De invloed van deze eigenschappen op de trillingen zijn vastgesteld op basis van metingen in vergelijkbare gebouwen.
Door de modelresultaten in de referentie- en plansituatie te beoordelen op de Bts, wordt zichtbaar voor welke locaties er een kans is op overschrijden van het beoordelingskader. Deze stap wordt beschreven in hoofdstuk 6.

3.1.3 *Stap 3: Nauwkeurige trillingsprognoses in woningen*

In de derde stap van het trillingsonderzoek worden alleen die locaties beschouwd waar op basis van de resultaten van stap 2 (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is. Voor deze stap wordt gebruik gemaakt van metingen in gebouwen.

Na opdeling van het onderzoeksgebied in deelgebieden, wordt per gebied een aantal representatieve woningen (qua ligging, type en bouwstijl) geselecteerd waarin metingen worden verricht.
Op basis van de resultaten van de metingen wordt vervolgens per treinpassage een prognose gemaakt voor de trillingssterkte van diezelfde treinpassage in de gewijzigde situatie. De invloed van de wijzigingen wordt bepaald met modelberekeningen en empirische formules op basis van eerdere metingen.

[6] Het model rekent met bovengrenzen. Dat betekent dat het model eerder een overschrijding van de richtlijn aangeeft dan in werkelijkheid doorgaans zal optreden. De door het model berekende trillingssituatie is de maximale trillingssituatie op een bepaalde locatie, zie ook Bijlage I

Het resultaat van deze stap is een trillingsprognose die kan worden beschouwd als de meest nauwkeurige prognose die met de thans beschikbare middelen mogelijk is. Indien er na deze stap nog steeds locaties overblijven waar (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is, dan zullen er voor deze locaties in stap 4 maatregelen worden beschouwd. De resultaten van de metingen en prognoses in gebouwen zijn in hoofdstuk 7 beschreven.

3.1.4 *Stap 4: Ontwerpen van maatregelen en afwegen van varianten*

Voor elke locatie die op basis van de resultaten uit de voorgaande stap niet voldoet aan de Bts worden maatregelen ontworpen en doorgerekend. Vervolgens worden de kosten van de maatregelen geëvalueerd. Bij de afweging van maatregelen wordt aangegeven of bepaalde maatregelen kosteneffectief zijn, en daarmee mogelijk doelmatig. Deze laatste stap van het trillingsonderzoek ten behoeve van het TB is in hoofdstuk 8 beschreven.

3.2 Onderzoek naar trillingsschade

Gezien de hoogte van de trillingssnelheden van het treinverkeer in het onderzoeksgebied is schade aan gebouwen tijdens de exploitatiefase zeer onwaarschijnlijk. De verwachte trillingen zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingsschade tijdens de bouwfase zijn 3D eindige elementen modellen opgesteld van de bouwwerkzaamheden die aanleiding kunnen geven tot trillingsschade. Met behulp van deze modellen is geanalyseerd op welke afstand schade aan bebouwing mogelijk is. Voor de gebouwen die binnen deze afstanden vallen, wordt geadviseerd om een vooropname uit te voeren. Het onderzoek naar trillingsschade wordt beschreven in hoofdstuk 0.

4 Beoordelingskader trillingshinder en schade

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder of schade. In het trillingsonderzoek ten behoeve van *Zwolle-Herfte* wordt zowel trillingshinder als trillingsschade beschouwd. De gehanteerde beoordelingsmethodiek voor zowel trillingshinder als voor trillingsschade wordt in dit hoofdstuk nader toegelicht.

4.1 Beoordeling trillingshinder

Tot op heden zijn richtlijnen voor trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. De minister van Infrastructuur en Milieu heeft in 2012 een *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts) opgesteld, die een wijziging van en aanvulling op de eerder gebruikte SBR B-richtlijn is. In 2014 is een aangevulde versie van de Bts gepubliceerd. De Bts 2014 vult de SBR B-richtlijn met name aan op de volgende onderdelen:

1. De normstelling voor het al dan niet treffen van maatregelen. De Bts geeft aan wanneer het Tracébesluit maatregelen dient te bevatten ter mitigatie van de trillinghinder die zal ontstaan als gevolg van de aanleg of wijziging van een spoorweg;
2. Een introductie van een kosteneffectiviteitscriterium. In dit kosteneffectiviteitscriterium wordt uitsluitsel gegeven of bepaalde maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit, milieu- en maatschappelijke impact en de mate van trillingshinder voldoende kosteneffectief zijn. In het Tracébesluit wordt een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen genoemd. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek aangehouden;
3. De trillingssterkte Vmax wordt bepaald over een meetperiode van tenminste 1 week. Het resultaat is het maximale niveau in een week, vergelijkbaar met de grootheid Vmax,stat van de SBR B-richtlijn. De meetmethode en de naverwerkingsmethode zijn gebaseerd op die van de SBR B-richtlijn, maar verder uitgebreid met het doel de reproduceerbaarheid van de metingen en berekeningen te vergroten. Deze methodiek is nauwkeurig beschreven in een memo van Level Acoustics[7] en in Bijlage IV;
4. Introductie van een zogenaamde R-waarde, die een indicatie is van de reproduceerbaarheid van de meting. De R-waarde is uitgedrukt als een onzekerheidspercentage van de Vmax, Bts. Gestreefd wordt naar een R-waarde van kleiner dan 10 procent;
5. Introductie van een zogenaamde Q-waarde, de verhouding tussen de trillingssterkte in de plan- en referentiesituatie8. Bij metingen met een hoge R-waarde wordt deze Q-waarde gecorrigeerd voor de lagere reproduceerbaarheid.

Een andere belangrijke wijziging is het ontkoppelen van de beoordeling van de trillingssterkte Vmax en de trillingsintensiteit Vper. Ongeacht de wijzigingen in trillingssterkte mag de trillingsintensiteit Vper niet toenemen boven de grenswaarde.

Trillingshinder wordt in dit onderzoek beoordeeld op de Bts. Een nadere omschrijving van het beoordelingskader is te vinden in Bijlage II.

[7] Koopman , A., LA.131001a.M04
[8] Voor nieuwbouwplannen bestaat er geen referentiesituatie, hier wordt beoordeeld op de Bts voor nieuwe situaties, zie ook Bijlage II.

4.2 Beoordeling trillingsschade

De toetsing van trillingsschade vindt in Nederland vrijwel altijd plaats op basis van de SBR A-richtlijn, deze richtlijn beschrijft de meetmethodiek en toetsingscriteria voor trillingsschade. Ook van de SBR A-richtlijn is een omschrijving opgenomen in Bijlage II.

5 Stap 1 – Globaal trillingsonderzoek

5.1 Inleiding

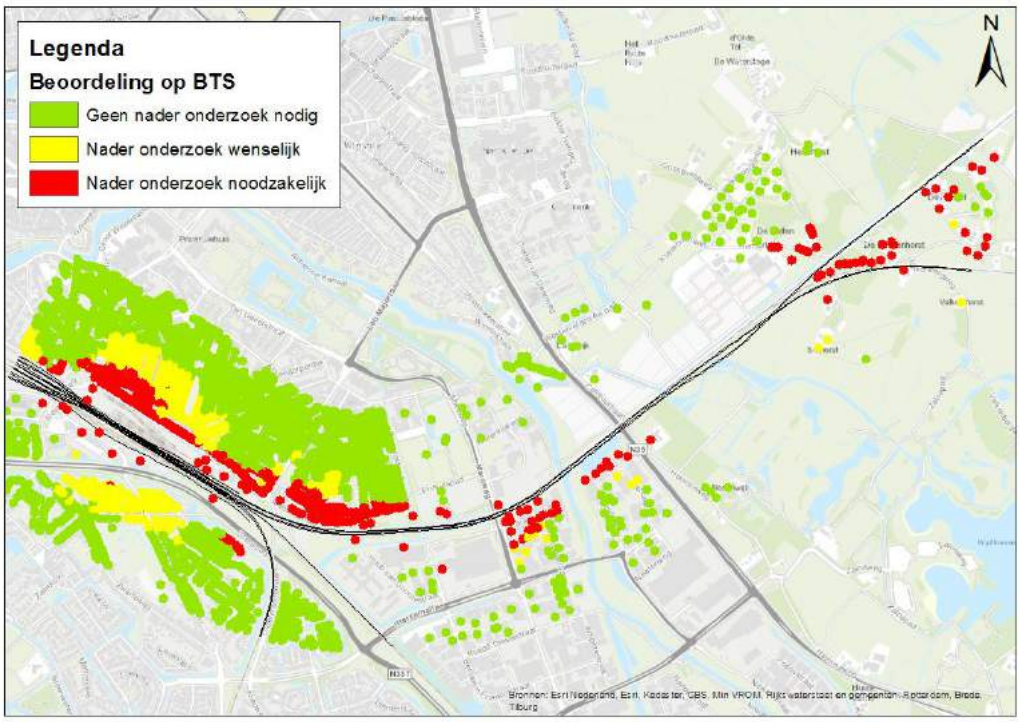
In de eerste stap van het onderzoek naar trillingshinder is de trillingssituatie in gebouwen op een globale manier bepaald. Er is een groot aantal factoren dat de trillingssterkte in een gebouw beïnvloedt. In deze eerste stap wordt een deel van deze factoren ingeschat op basis van expert judgment en langdurige ervaring met trillingshinder langs het spoor.

Het onderzoek in deze stap heeft nog een globaal karakter, met als doel om snel een predictie te maken van de trillingshinder op een willekeurige locatie langs het spoor. Omdat de analyse nog globaal is, zijn de aannames worstcase, zodat in ieder geval die locaties waar mogelijk hinder optreedt, worden meegenomen in de vervolgstappen.

5.2 Vergelijking trillingscontouren

Met behulp van Vibra*Dyna* is voor alle gebouwen binnen 500 meter van de sporen de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Voor de inventarisatie van aandachtslocaties worden de waarden van V_{max} in de referentie- en plansituatie en de waarde van V_{per} in de plansituatie voor elk gebouw beoordeeld op de Bts. In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven.

Het resultaat van de beoordeling is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 5-1 *Beoordeling van de resultaten van het globale model*

5.3 Aandachtslocaties

Op basis van de resultaten zoals afgebeeld in Figuur 5-1 volgt een aantal aandachtslocaties. Omdat in stap 1 gebruik wordt gemaakt van een conservatief model

(omdat er nog veel onzekerheden zijn) resulteert een vrij groot aantal locaties waarvoor nader onderzoek nodig is. Globaal beschouwd leidt het project *Zwolle-Herfte* met name tot mogelijke knelpunten in de nabijheid van de spoorsplitsing bij Herfte, door de toename in rijsnelheid en het aantal goederentreinen. In verder van het station gelegen deelgebieden zijn ook overschrijdingen van het beoordelingskader mogelijk, dit komt door de hoge trillingsintensiteit die in deze woningen kan optreden.
De gebieden waarin gebouwen zijn te vinden die mogelijk niet voldoen aan het beoordelingskader, zijn in Tabel 5-1 rood weergegeven.

Tabel 5-1 *Resultaten stap 1*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Voldoet aan Bts Stap 1
1	Stationszone Zuid	
2	Beltbuurt	
3	De Marslanden Zuid	
4	Herfte Zuid	
5	Herfte Noord	
6	De Marslanden Noord	
7	Bloemen- en Plantenbuurt	
8	Stationszone Noord	

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts

In stap 1 wordt conservatief beoordeeld of een locatie voor nader onderzoek in aanmerking komt, omdat er nog geen rekening wordt gehouden met een aantal effecten die invloed hebben op de trillingssituatie. Deze tweede stap wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

6 Stap 2 – Locatiespecifiek trillingsonderzoek

6.1 Inleiding

In de tweede stap van het trillingsonderzoek wordt de trillingssituatie op een meer gedetailleerde wijze bepaald. De berekening wordt opnieuw uitgevoerd met behulp van VibraDyna, maar nu wordt gebruik gemaakt van een nauwkeurige berekening, waarbij gebruik wordt gemaakt van aanvullende informatie. Ten opzichte van de eerste stap van het trillingsonderzoek wordt een aantal parameters nu wel meegenomen:

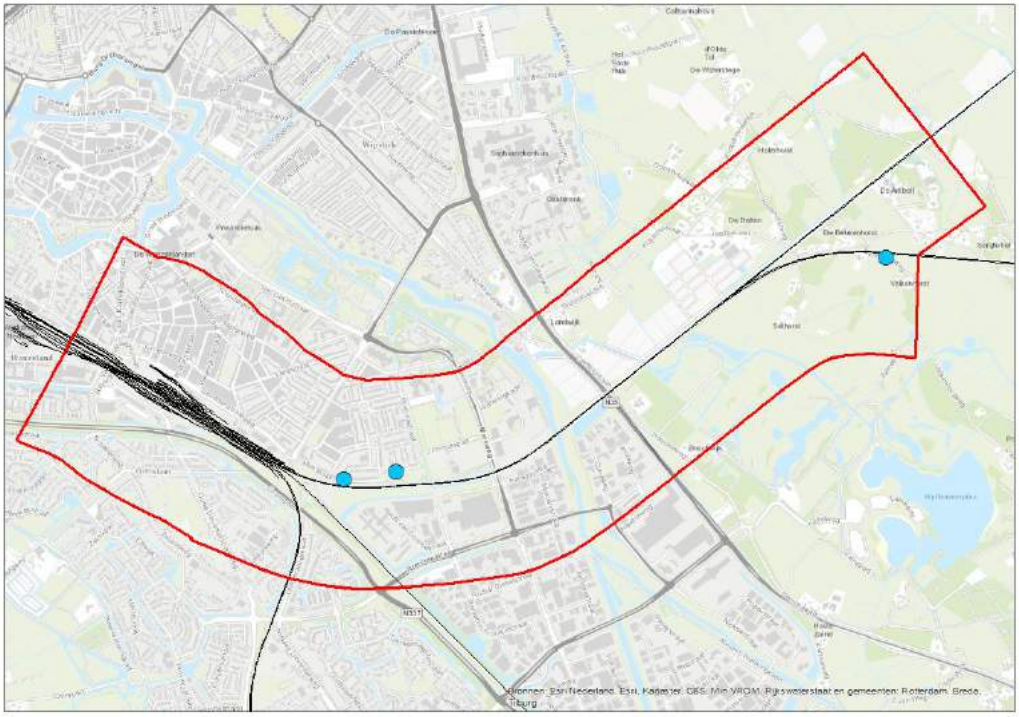
1. Er wordt gebruik gemaakt van de resultaten van valproeven en maaiveldmetingen aan treinpassages, zodat de bodemeigenschappen en de trillingssterktes op maaiveld nauwkeuriger kunnen worden meegenomen;
2. De eigenschappen van de bebouwing (zoals bouwjaar, bouwhoogte en bouwstijl) worden meegenomen. De invloed van deze parameters op de trillingen is vastgesteld op basis van metingen;
3. De variatie in terreinhoogte wordt meegenomen;
4. De berekening wordt frequentieafhankelijk uitgevoerd. Hiermee wordt de nauwkeurigheid van de prognoses aanzienlijk verbeterd.

Op basis van de resultaten uit het globale trillingsonderzoek volgden een aantal aandachtslocatie. Op deze locaties zijn additionele metingen verricht. Ter verificatie van het model van stap 1 is daarnaast ook op andere locaties een nader onderzoek uitgevoerd. Het type metingen is voor elk deelgebied weergegeven in Tabel 6-1, zie ook Figuur 6-1. In een aantal deelgebieden in Tabel 6-1 is aangegeven dat er in stap 2 geen onderzoeken zijn uitgevoerd op deze locatie, omdat er op omliggende locaties al onderzoek is verricht of al trillingsmetingen in gebouwen zijn uitgevoerd in eerdere onderzoeken.

Tabel 6-1 *Uitgevoerde metingen in stap 2*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Uitgevoerd onderzoek
4	Herfte Zuid	Valproef + Maaiveldmeting
7	Bloemen- en Plantenbuurt	Valproef + Maaiveldmeting (Mimosastraat west)
		Valproef + Maaiveldmeting (Mimosastraat oost)

Op locaties waar geen onderzoeken zijn uitgevoerd, wordt geïnterpoleerd vanuit nabijgelegen locaties. Omdat de bodem vrij uniform is, zorgen deze interpolaties niet voor een significante toename van de onzekerheid. De resultaten van de valproeven en maaiveldmetingen zijn opgenomen in Bijlage III.



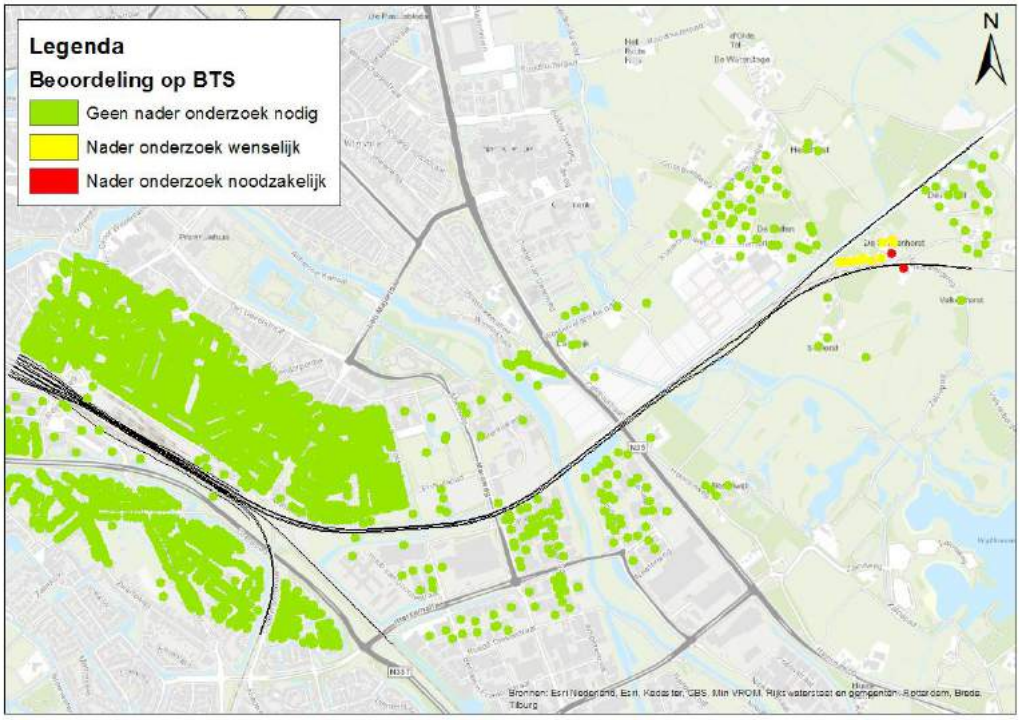
Figuur 6-1 *Onderzoekslocaties t.b.v. stap 2*

6.2 Vergelijking trillingscontouren

Met behulp van Vibra*Dyna* zijn voor alle gebouwen binnen 500 meter van de sporen de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald.

Voor de inventarisatie van aandachtslocaties worden de waarden van V_{max} in de referentie- en plansituatie en de waarde van V_{per} in de plansituatie voor elk gebouw beoordeeld op de Bts. In dit hoofdstuk zijn de resultaten weergegeven

Het resultaat van de beoordeling is weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 6-2 *Beoordeling van de resultaten van het nauwkeurige model*

6.3 Aandachtslocaties

Op basis van de resultaten zoals afgebeeld in Figuur 6-2 volgt een aantal aandachtslocaties in de plansituatie. De gebieden waarin gebouwen zijn te vinden die mogelijk niet voldoen, zijn in Tabel 6-2 rood weergegeven.

Het gebied Herfte Zuid, waar een kans op overschrijdingen is, wordt in stap 3 nader onderzocht door middel van locatiespecifiek onderzoek (metingen in gebouwen).

Tabel 6-2 *Resultaten stap 1 en 2*

		Voldoet aan Bts	
Nr	**Naam deelgebied in trillingsonderzoek**	**Stap 1**	**Stap 2**
1	Stationszone Zuid		
2	Beltbuurt		
3	De Marslanden Zuid		
4	Herfte Zuid		
5	Herfte Noord		
6	De Marslanden Noord		
7	Bloemen- en Plantenbuurt		
8	Stationszone Noord		

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts

Uit eerdere onderzoeken blijkt dat het model VibraDyna een betrouwbaarheid van 95 procent heeft, een betrouwbaarheid die gebruikelijk is bij trillingsonderzoeken, zie ook

Bijlage I. Dat betekent dat in maximaal 5 procent van de gebouwen een hogere trillingssterkte of trillingsintensiteit optreedt dan het model berekent.

Verschillen tussen stap 1 en 2 worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

1. Het model van stap 2 is nauwkeuriger dan het model van stap 1. Zo worden de werkelijke bodemeigenschappen meegenomen in stap 2 en worden veel parameters frequentieafhankelijk meegenomen;
2. In stap 2 worden gebouweigenschappen meegenomen. Nieuwe gebouwen zijn vaak steviger gebouwd en hebben betonnen vloeren, waardoor trillingen vaak minder sterk zijn dan in oude gebouwen met houten vloeren;
3. In stap 2 wordt het effect van dive-unders en fly-overs nauwkeuriger meegenomen. Door de zware constructie van deze civiele kunstwerken nemen de trillingen rond deze constructies af ten opzichte van het stap 1-model.

7 Stap 3 – Onderzoek op aandachtslocaties

7.1 Algemeen

In de derde stap van het trillingsonderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd in gebouwen in de deelgebieden waar op basis van stap 2 niet wordt voldaan aan de streef- of grenswaarden met betrekking tot trillingshinder.

Ten opzichte van de tweede stap is het proces nog nauwkeuriger gemaakt doordat in stap 3 gebruik wordt gemaakt van metingen in gebouwen. De volgende aspecten van de berekening worden in deze derde stap nauwkeuriger uitgevoerd:

1. Er worden metingen in representatieve9 gebouwen verricht, verdeeld over het deelgebied. Op basis van de meetgegevens worden prognoses gemaakt voor de toekomst. Omdat er alleen wordt gerekend met toeslagen10, neemt de betrouwbaarheid aanzienlijk toe. Immers, de huidige situatie wordt betrouwbaar vastgesteld door middel van representatieve metingen, de toekomstige situatie wordt berekend vanuit de huidige situatie door gebruik te maken van genoemde toeslagen. Hoe beperkter het aantal wijzigingen op een locatie, hoe nauwkeuriger de toekomstige situatie kan worden vastgesteld;
2. Er wordt niet langer gerekend met verhoudingen tussen treinen, zoals in de modelberekeningen, maar met werkelijke treinpassages. Dit vergroot de betrouwbaarheid van de berekeningen en prognoses;
3. Er wordt frequentieafhankelijk gecorrigeerd voor een eventuele verandering in baanopbouw (dive-unders, zettingsvrije platen) en taludgeometrie, aan de hand van 3D eindige elementenmodellen.

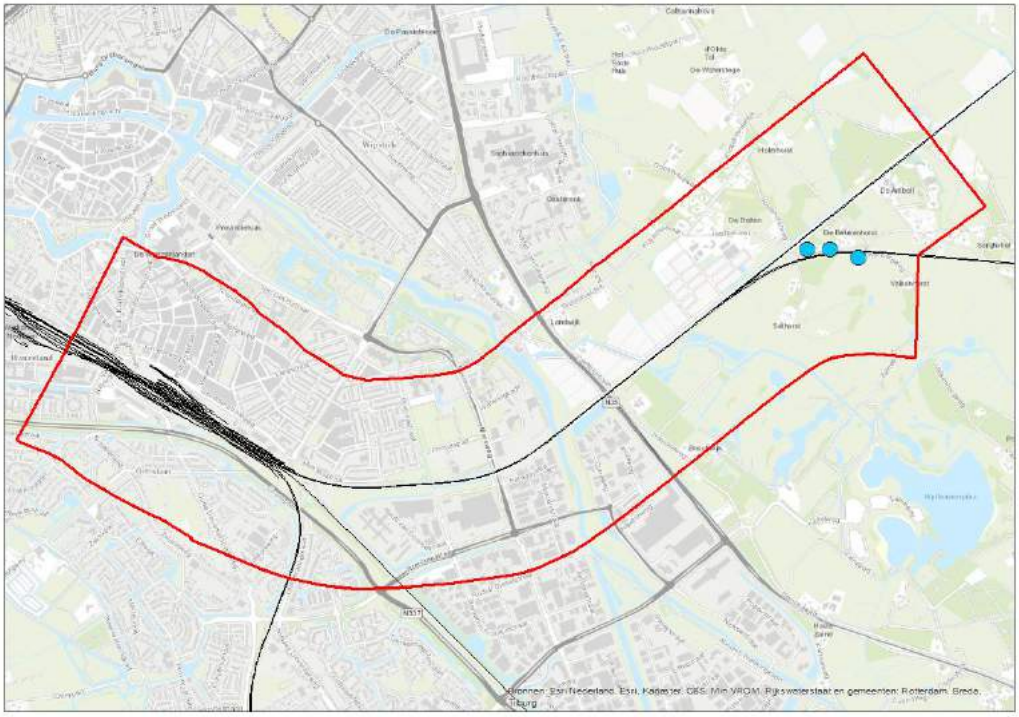
Op basis van de nauwkeurige modelberekeningen uit stap 2 volgt een aantal aandachtslocaties. Op deze locaties zijn metingen in gebouwen uitgevoerd. De meetlocaties per deelgebied zijn weergegeven in Tabel 7-1, zie ook Figuur 7-1.

Tabel 7-1 *Meetlocaties in stap 3*

Nr	Naam deelgebied in trillingsonderzoek	Meetlocatie
4	Herfte Zuid	Herfterlaan 17
		Herfterlaan 27
		Valkenbergweg 2

De resultaten van de metingen en berekeningen per meetlocatie zijn opgenomen in Bijlage V.

[9] Representatieve gebouwen zijn geselecteerd op basis van afstand tot het spoor en gebouwkenmerken, zoals bouwperiode, gebouwafmetingen en constructiewijze.
[10] Voorbeelden van deze toeslagen zijn: toeslag voor een snelheidswijziging, voor een wijziging in geometrie van de spoordijk, voor een andere afstand tot het spoor of een nieuw te realiseren wissel.



Figuur 7-1 *Uitgevoerde metingen in gebouwen t.b.v. stap 3*

7.2 Onderzoeksaanpak

In stap 3 wordt de volgende onderzoeksaanpak gehanteerd:

1. Er wordt een trillingsmeting uitgevoerd in gebouwen;
2. Aan de hand van de resultaten van de meting wordt per treinpassage een berekening gemaakt voor de trillingen van dezelfde treinpassage in de plansituatie;
3. De resultaten van de prognose worden beoordeeld op de streef- en grenswaarden, die volgen uit de referentiesituatie (conform de Bts).

Het prognosemodel is beschreven in de volgende paragraaf.

7.3 Prognosemodel

De trillingssterkte op een bepaalde positie wordt bepaald door een groot aantal factoren. In stap 3 worden de volgende parameters onderscheiden:

- De treinsnelheid. De trillingssterkte schaalt exponentieel met de treinsnelheid;
- Invloed van wissels. De invloed van wissels neemt af met de afstand tot de wissels. In het onderzoeksgebied liggen geen wissels binnen 100 meter van de woningen. De invloed van wissels op een afstand van meer dan 100 meter is verwaarloosbaar;
- Invloed van wijzigingen in spooropbouw, zoals de aanleg van bijvoorbeeld dive-unders of fly-overs, maar ook nieuwe kunstwerken die worden gerealiseerd. Vooral bij de dive-under worden er relatief dichtbij de woningen aan de Herfterlaan wijzigingen in spooropbouw gerealiseerd. De invloed hiervan op de woningen is echter verwaarloosbaar;
- Wijzigingen in spoorligging (sporen komen verder weg of dichterbij te liggen). Door de bochtverruiming van de sporen van en naar Emmen komen de sporen bij een deel van de woningen (Herfterlaan 15 tot 21) 10 tot 15 meter verder weg te liggen. Dit verder weg liggen van de sporen heeft een reducerend effect op de trillingen.

Overige factoren, zoals aslast, afvering, wielonrondheid en overdracht in de woning tussen fundering en vloerniveau wijzigen niet bij dit project, doordat de momenteel gebruikte treintypes en de bebouwing na realisatie van het project niet gewijzigd zijn ten opzichte van de referentiesituatie. De invloed hiervan is daarom niet meegenomen.

In stap 3 worden alle wijzigingen relatief (d.w.z. ten opzichte van de metingen) beschouwd, hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekeningen groot. Alle wijzigingen worden als toeslagfactor ten opzichte van de gemeten waarde toegepast.

De invloed van de wijzigingen is onderzocht met behulp van metingen en modellen. Toeslagfactoren voor de uitdemping van de bodem, de geometriewijziging en een eventuele wijziging in baanopbouw zijn locatiespecifiek, alle overige factoren zijn universeel toepasbaar. In de volgende subparagrafen wordt de invloed van de factoren nader toegelicht.

7.3.1 *Invloed spoorafstand*

De overdracht van trillingen door de bodem kan worden beschreven met behulp van de Barkanvergelijking. De Barkanvergelijking wordt in stap 3 alleen gebruikt om relatieve veranderingen van sporen en wissels te beschrijven. Omdat het in vrijwel alle gevallen om kleine veranderingen gaat, heeft de Barkanvergelijking en de nauwkeurigheid van de parameters daarin slechts een beperkte invloed op het eindresultaat. De parameters in de Barkanvergelijking zijn bepaald uit valproeven en metingen aan treinpassages op maaiveldniveau. Meer gedetailleerde informatie over de gebruikte bodemparameters per meetlocatie is opgenomen in Bijlage III.

Naast de gewijzigde spoorafstand door de andere spoorligging, verandert voor een deel van de treinen de spoorafstand aanzienlijk doordat deze treinen in de toekomst op andere sporen gaan rijden. Bij het maken van de prognose voor de plansituatie wordt hierbij gebruik gemaakt van de lijnvoeringsschema’s uit hoofdstuk 2. De positie van de sporen is weergegeven in de plankaarten in het (O)TB.

7.3.2 *Invloed snelheidswijziging*

Door wijzigingen in seinplaatsing en posities van wissels veranderen de snelheidsprofielen van de treinen. Om de invloed van de snelheid op de trillingssterkte vast te stellen is op een aantal locaties gedurende langere tijd gemeten. De relatie tussen snelheid en trillingssterkte kent een exponentieel verband tot snelheden rond de kritische treinsnelheid, deze ligt in Zwolle echter veel hoger dan 140 km/h.

7.3.3 *Invloed wijziging in treinintensiteit*

In de berekeningen voor stap 3 wordt voor elke trein de trillingssterkte in de plansituatie bepaald op basis van het trillingssignaal uit de metingen. Als gevolg van deze aanpak wordt er niet gecorrigeerd voor aanpassingen in het aantal passerende treinen. De berekende waarde van V_{per} uit de prognose dient daarom nog te worden gecorrigeerd voor wijzigingen in treinintensiteit. Een verhoging van de treinintensiteit leidt tot een hogere waarde van de trillingsintensiteit V_{per}. De nieuwe waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{per,nieuw} = V_{per,nieuw,ongecorrigeerd} \cdot \sqrt{\frac{n_{nieuw}}{n_{oud}}}$$

Hierbij is *n* de treinintensiteit in treinen per periode (dag, avond, nacht). $V_{per,nieuw,ongecorrigeerd}$ is de trillingsintensiteit zoals deze volgt uit de prognoses, deze waarde is nog niet gecorrigeerd voor wijzigingen in aantal treinen.

7.3.4 *Bepaling gewijzigde trillingssterkte*

Met behulp van de verschillende toeslagfactoren is de trillingssterkte per trein in de plansituatie bepaald op basis van de metingen. Hierbij is een extrapolatie gemaakt vanuit de huidige situatie, waarbij gebruik is gemaakt van modelberekeningen en empirische formules op basis van meetervaringen in verschillende situaties.

7.4 Resultaten

De resultaten van de metingen, die representatief zijn voor de referentiesituatie, en van de berekeningen voor de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 7-2. De verwerkingsprocedure van de metingen is opgenomen in Bijlage IV. Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de *R*-waarde van de referentiesituatie, plansituatie en de gecombineerde R_Q-waarde. Deze reproduceerbaarheidswaarde (in procenten) geeft aan of de datasets van de metingen en prognoses voor de verschillende situaties voldoende reproduceerbaar zijn. Conform het memo van Level Acoustics[11] wordt gestreefd naar een *R*-waarde die niet groter is dan 10 procent. Bij de grenswaarde *A2* in de Bts van 0.4 is de onzekerheid dan in de orde van de afrondingsfout. Voor het, door middel van een voor- en nameting, toetsen of er sprake is van een toename van meer dan 30 procent, is het ook van belang dat de onzekerheid in beide metingen niet te groot is;
- de gemeten trillingssterkte in de referentiesituatie (ref);
- de berekende trillingssterkte voor de plansituatie (plan);
- de verhouding tussen de trillingssterkte $V_{max,}$ in de plan- en referentiesituatie (Q). De streefwaarde voor deze *Q*-waarde is 1.3.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de referentiesituatie (ref);
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie (plan).

Zowel voor V_{max} als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd.

Een aantal opmerkingen bij Tabel 7-2:

- De overschrijdingen worden met name veroorzaakt door de toename van het aantal goederentreinen op het traject van en naar Meppel, en in mindere mate door die op het traject van en naar Emmen. Deze toename in het aantal goederentreinen staat overigens los van het project en is een gevolg van de autonome groei van het goederenvervoer;
- De trillingen van de treinen op het traject Zwolle – Meppel zijn hoger dan die op het traject Zwolle – Emmen. Dit is ook terug te zien in de afname in trillingssterkte en trillingsintensiteit met de afstand tot dit spoor (Herfterlaan 17 ligt meest dichtbij, Valkenbergweg 2 het meest ver weg).
- Verschillen tussen meetlocaties binnen een deelgebied worden met name veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen. Zo zal een snelheidstoename van goederentreinen meer effect hebben op de trillingssterkte voor gebouwen waar goederentreinen hogere trillingssterktes hebben dan reizigerstreinen, dan voor gebouwen waar beide types treinen vergelijkbare trillingssterktes geven.

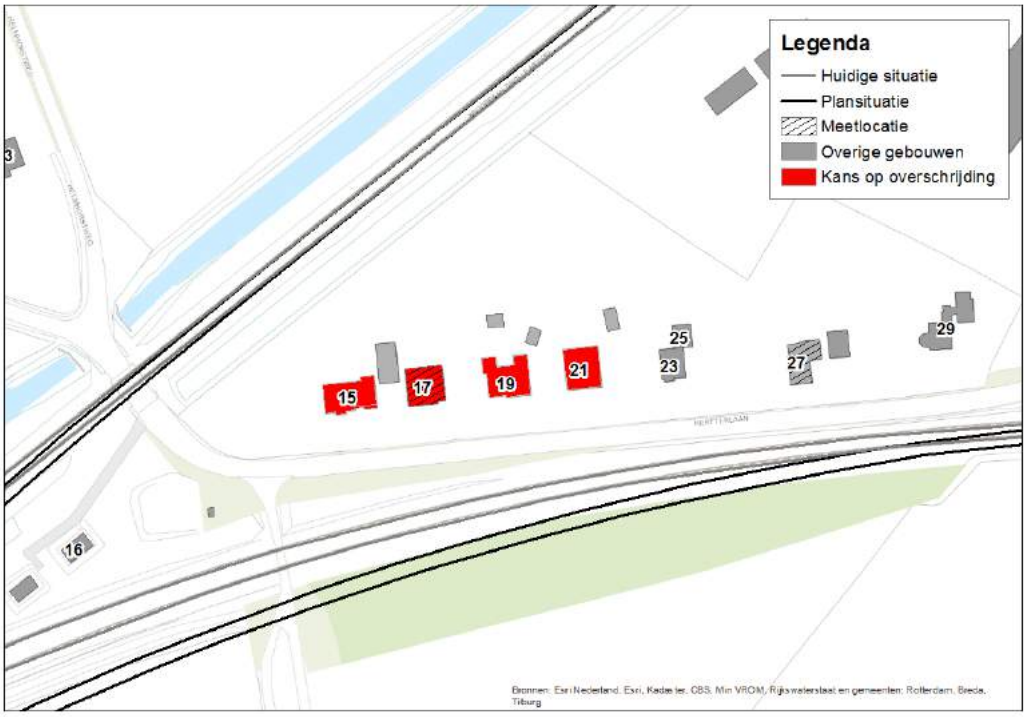
[11] Koopman, A., LA.131001.M04.2

Tabel 7-2 *Resultaten metingen in gebouwen*

		R-waarde			Trillingssterkte (V_{max})			Trillingsintensiteit (V_{per})		
Meetlocatie	**Bestemming**	R_{ref}	R_{plan}	R_Q	**ref**	**plan**	**Q**	**ref**	**plan**	**streef**
Herfterlaan 17	Wonen	6	5	8	1.02	1.02	1.00	0.09	0.12	0.1
Herfterlaan 27	Wonen	5	4	7	0.39	0.41	1.06	0.04	0.05	0.1
Valkenbergweg 2	Wonen	2	2	3	0.28	0.33	1.20	0.02	0.04	0.1

7.5 Bepaling trillingssituatie in niet-gemeten woningen

In stap 3 zijn metingen verricht op een aantal locaties per deelgebied. Om te bepalen of ook in overige gebouwen in het deelgebied een overschrijding van het beoordelingskader optreedt, zijn met behulp van de modelberekeningen (stap 2) en de metingen in woningen (stap 3) de trillingen in de overige woningen bepaald. Hierbij zijn de afmetingen van de gebouwen en het bouwjaar bepaald op basis van gegevens uit de BAG[12] en AHN2[13]. De op deze manier geïdentificeerde knelpuntlocaties zijn weergegeven in Figuur 7-2.



Figuur 7-2 *Knelpuntlocaties bij de Herfterlaan (rond meetlocatie Herfterlaan 17)*

Overschrijdingen zijn mogelijk in de woningen Herfterlaan 15 tot en met 21. De woningen Herfterlaan 15 tot en met 19 hebben sterk vergelijkbare gebouweigenschappen, de woning Herfterlaan 21 is een iets grotere woning waardoor daar iets hogere trillingen worden verwacht (grotere vloeroverspanningen). De verwachting is wel dat, omdat de overschrijdingen vooral het gevolg zijn van de trillingen van goederentreinen op de spoorlijn Zwolle - Meppel, de trillingen het hoogst zijn in Herfterlaan 15, en dat in Herfterlaan 21 nog maar een kleine kans op een overschrijding is.

[12] Basisregistratie Adressen en Gebouwen
[13] Algemeen Hoogtebestand Nederland

7.6 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de prognoses in stap 3 wordt in dit onderzoek per locatie aangegeven door middel van een bandbreedte op de eindresultaten. Voor elke factor die in het prognosemodel wordt gebruikt is de onzekerheid bepaald aan de hand van metingen of modellen. Niet voor elke locatie geldt dezelfde betrouwbaarheid omdat er op sommige locaties bepaalde wijzigingen niet optreden. Hoe minder wijzigingen, hoe groter de betrouwbaarheid van de prognose.
In dit onderzoek wordt daarom voor elke locatie, naast een prognose voor de trillingssituatie na realisatie van het project, een spreiding in de verwachte resultaten weergegeven in Bijlage V. De beoordeling vindt, zoals gebruikelijk, plaats op de verwachtingswaarde van de toekomstige trillingen.

De betrouwbaarheid van de prognose hangt eveneens sterk samen met de betrouwbaarheid van de meting op basis waarvan de prognoses of berekeningen zijn gemaakt. Alleen bij het meten van voldoende treinpassages is de meting, en daarmee ook de prognose, voldoende betrouwbaar. De betrouwbaarheid van de meting wordt in dit onderzoek aangegeven middels een zogenaamde *R*- of reproduceerbaarheidswaarde. Een *R*-waarde van kleiner dan 10 procent impliceert een goed reproduceerbare meting, de resultaten van een tweede meting zullen maximaal 10 procent afwijken van de gepresenteerde meetresultaten.

7.7 Locaties voor maatregelen

Op basis van de resultaten in Tabel 7-2 volgt een locatie met mogelijke overschrijdingen. Voor deze locatie worden in de vierde stap van het trillingsonderzoek maatregelen afgewogen op kosteneffectiviteit. Het gebied waarin gebouwen zijn te vinden die niet voldoen, is in Tabel 7-3 rood gearceerd. Het ontwerpen van maatregelen is in hoofdstuk 8 beschreven.

Tabel 7-3 *Resultaten stap 1, 2 en 3*

		Voldoet aan Bts		
Nr	**Naam deelgebied in trillingsonderzoek**	**Stap 1**	**Stap 2**	**Stap 3**
1	Stationszone Zuid			
2	Beltbuurt			
3	De Marslanden Zuid			
4	Herfte Zuid			
5	Herfte Noord			
6	De Marslanden Noord			
7	Bloemen- en Plantenbuurt			
8	Stationszone Noord			

Kleur	Omschrijving
	Voldoet mogelijk niet aan Bts, nader onderzoek noodzakelijk
	Voldoet aan Bts, nader onderzoek wenselijk
	Voldoet aan Bts
	Niet nader onderzocht

Deze mogelijke overschrijdingen na stap 3 zijn vooral het gevolg van de toename van de goederentreinen op beide baanvakken rondom Herfte, en in mindere mate van de hogere rijsnelheid van de treinen van en naar Emmen en van en naar Meppel.

Verschillen tussen stap 2 en 3 kunnen worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

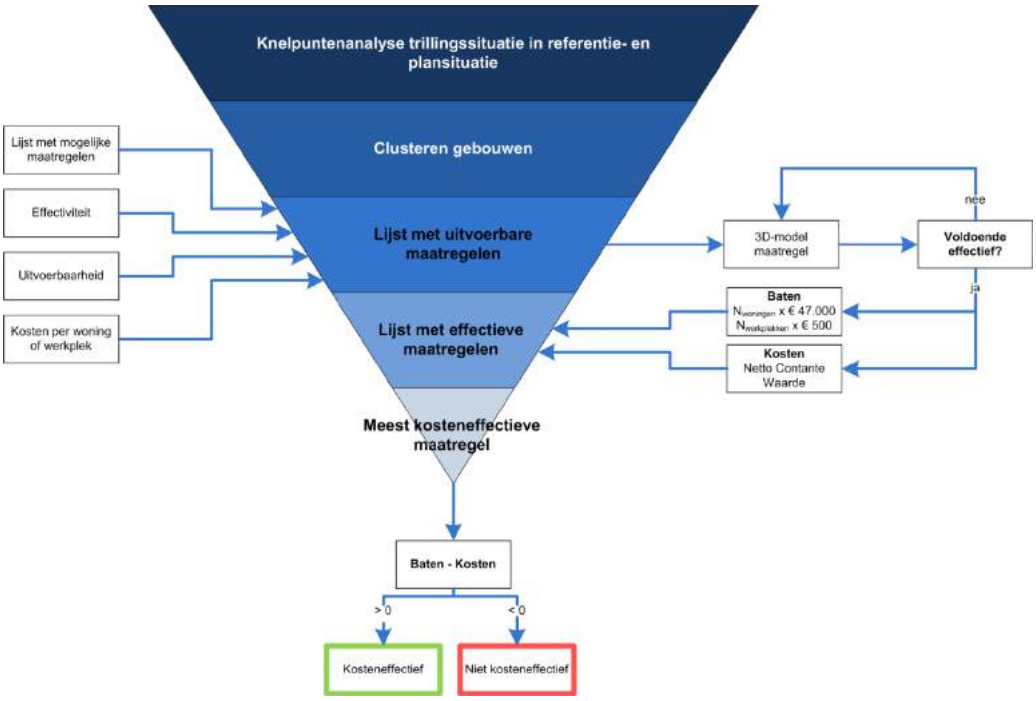
1. Het model van stap 3 is nauwkeuriger dan het model van stap 2, omdat alleen gerekend wordt met toeslagfactoren voor de wijzigingen in bijvoorbeeld treinsnelheid en de ligging van sporen. Hoe geringer deze wijzigingen zijn, hoe meer de plansituatie overeenkomt met de gemeten referentiesituatie, en hoe betrouwbaarder de berekeningen dus zijn;
2. In stap 3 wordt in gebouwen gemeten, hierdoor worden de specifieke gebouweigenschappen nauwkeuriger meegenomen dan in stap 2. Elk gebouw heeft een specifieke overdracht tussen fundering en midden vloerveld. Hierdoor is het ene gebouw gevoeliger voor een toename van de trillingssterkte in het laagfrequente gebied dan een ander gebouw. Verschillen tussen stap 2 en stap 3 worden meestal veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen

8 Onderzoek naar trillingsreducerende maatregelen

In de vierde stap van het trillingsonderzoek worden trillingsmaatregelen ontworpen voor een deel van de woningen langs de Herfterlaan. Hier worden op basis van stap 1, 2 en 3 van het trillingsonderzoek overschrijdingen van het beoordelingskader verwacht.

8.1 Gevolgde methodiek

De keuze voor een bepaalde trillingsmaatregel bestaat uit een aantal stappen. Deze stappen zijn schematisch weergegeven in Figuur 8-1. Het schema laat zien dat door middel van een getrapte aanpak gezocht wordt naar de meest kosteneffectieve maatregel. Door het volgen van deze aanpak wordt voorkomen dat onnodig veel tijd wordt gestoken in maatregelen die niet effectief zullen zijn.



Figuur 8-1 *Stappenplan voor kosteneffectiviteitsafweging*

De volgende stappen worden genomen:

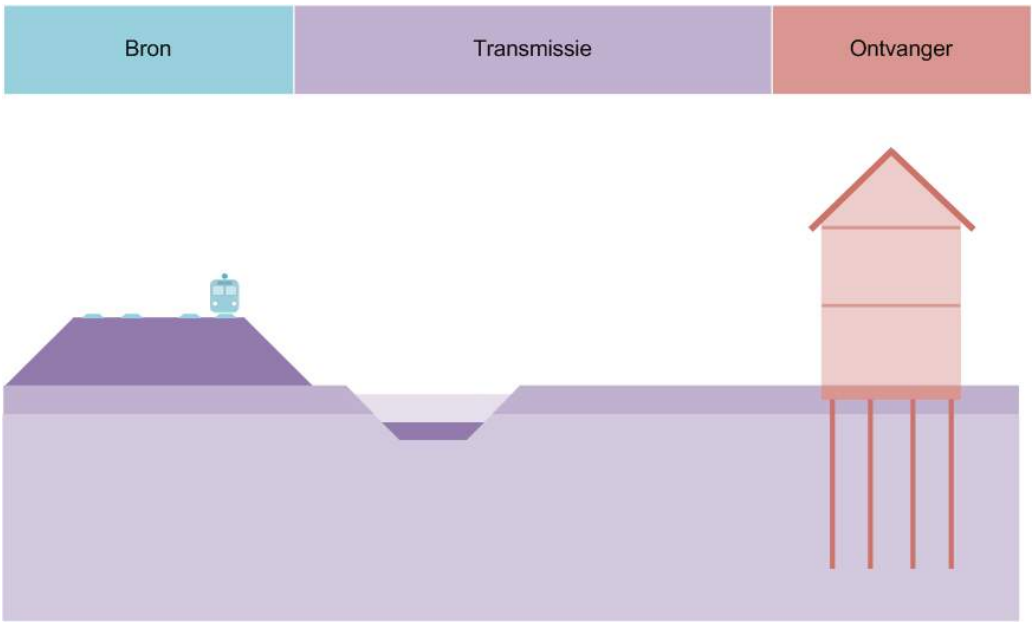
- Knelpuntenanalyse: het bepalen van V_{per} en V_{max} in de referentie- en plansituatie, dit vindt plaats op basis van het model van stap 2 en de metingen uit stap 3;
- Clustering van gebouwen: bepalen aantal gebouwen waar een kans op een overschrijding is. Een groep gebouwen waarvoor een aaneengesloten maatregel nodig is, wordt een cluster genoemd;
- Uit het overzicht van mogelijke maatregelen de uitvoerbare maatregelen selecteren. Deze afweging of een maatregel wel of niet mogelijk is (ruimtetechnisch, fysieke obstakels, effectiviteit en kosten) vindt plaats op basis van expert judgement;
- Gedetailleerd doorrekenen van uitvoerbare maatregelen. Van de effectieve maatregelen worden de kosten over de looptijd, in de vorm van een Netto Contante Waarde (NCW) bepaald, alsmede de baten. De baten zijn gedefinieerd als het aantal woningen waarvoor de maatregel voldoende effectief is bij

beoordeling op de Bts, maal het richtbedrag van € 47.000 per woning. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek gehanteerd. Resultaat van deze stap is een lijst met effectieve maatregelen;
- Uit de lijst met effectieve maatregelen wordt de meest kosteneffectieve maatregel geselecteerd (grootste reductie in aantal gehinderden tegen laagste prijs). Wanneer het saldo (baten minus kosten) positief is, is de maatregel kosteneffectief en wordt deze voorgesteld ter afweging in het (O)TB.

8.2 Mogelijke maatregelen

Trillingen ten gevolge van treinverkeer kunnen op drie posities worden gereduceerd:
1. Bij de bron (treinen[14] 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*

Voor het zoeken naar mogelijkheden voor het reduceren van de trillingshinder is het van belang de spoorbaanconstructie als complex massa-veersysteem te beschouwen. Er zijn twee mogelijke principes om de trillingshinder te reduceren:
- 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;
- Het ontkoppelen van de bron en de ontvanger door het toepassen van verende of reflecterende tussenlagen. Dit type maatregel wordt het meest toegepast.

In de praktijk is het reduceren van trillingen ten gevolge van treinverkeer zeer moeilijk, zeker als de trillingen afkomstig zijn van goederentreinen, doordat de trillingen dan zeer lage frequenties hebben. De effectiviteit van een maatregel hangt af van een groot aantal factoren. Maatregelen die op de ene locatie effectief zijn, kunnen op een

[14] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan spoorwegondernemeningen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.

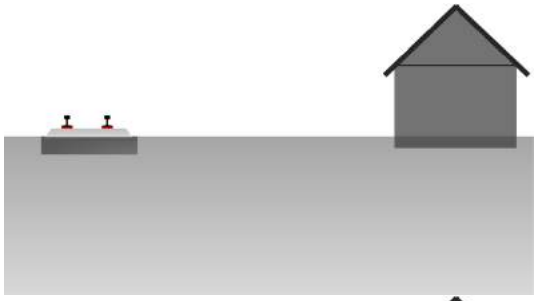
andere locatie de trillingssterkte niet of veel minder reduceren door verschillen in bijvoorbeeld het trillingsspectrum van de treinen of de bodemopbouw. Het uitvoeren van een maatregelenonderzoek vindt daarom altijd locatiespecifiek plaats.

In het voorliggende onderzoek is door middel van bronnenonderzoek een breed scala aan mogelijke trillingsmaatregelen bepaald[15]. De verschillende types maatregelen worden in de onderstaande subparagrafen nader toegelicht.

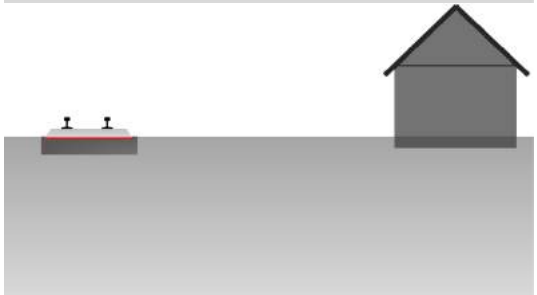
8.2.1 *Mogelijke maatregelen aan de bron*

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

Railpads, een verende constructie tussen spoorstaaf en dwarsligger, vaak in de vorm van een rubberen plaat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 40 Hz en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen, waarbij de dominante frequentie vaak tussen de 3 en 10 Hz ligt.

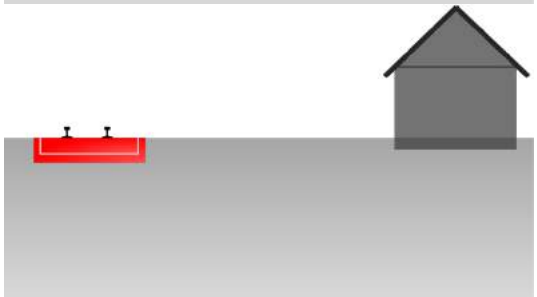


Under sleeper pads, een verende constructie tussen dwarsligger en ballast of betonplaat, vaak in de vorm van een rubberen plaat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 25 Hz, en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen.



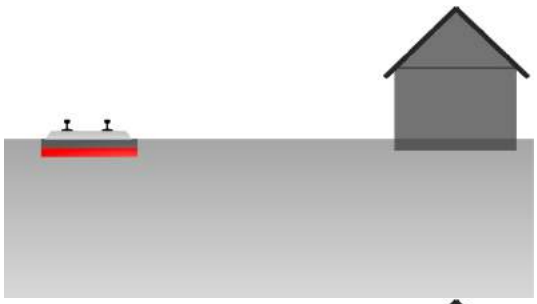
Ballastmatten, een verende constructie onder het ballast, vaak in de vorm van een rubberen mat. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 20 Hz, en is daardoor onvoldoende effectief voor goederentreinen.

Floating slab track, een verende oplegging van het gehele spoorsysteem. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 5 Hz, en kan daardoor voldoende effectief zijn voor goederentreinen. Het effect hangt sterk af van de gekozen constructie (eigenfrequentie en demping).

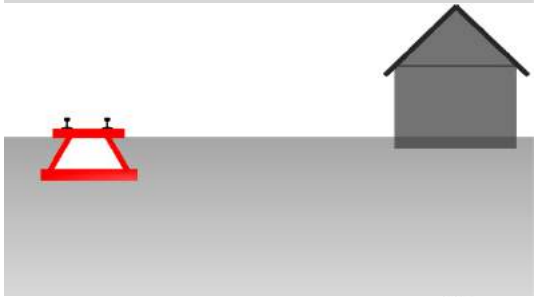


[15] Zie onder meer de maatregelencatalogus van ProRail, v1.1

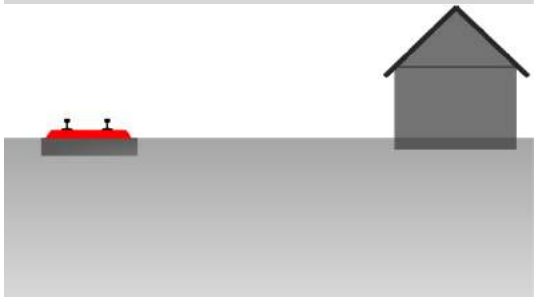
Slab track, een betonplaat onder het ballast. Deze maatregel heeft vaak alleen effect bij lage frequenties en een slappe bodem door de minimalisatie van zettingsverschillen in het spoor.



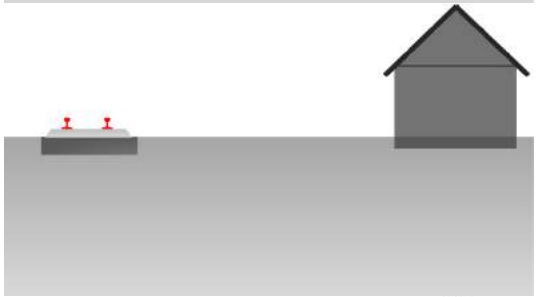
Decktrack, een betonnen constructie onder het spoor. Deze maatregel is vergelijkbaar met een slab track en heeft doorgaans alleen effect bij lage frequenties en een slappe bodem door de minimalisatie van zettingsverschillen in het spoor.



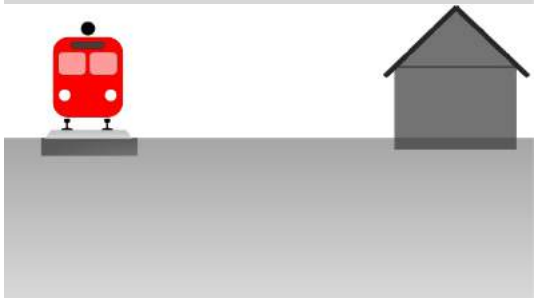
Aanpassing dwarsliggers, door de stijfheid of massa van de dwarsliggers aan te passen (grotere dwarsliggers, ander materiaal, holle dwarsliggers, etc.) kunnen de trillingen worden gereduceerd. Deze maatregel heeft effect bij frequenties boven de 8 Hz, en is daarom meestal onvoldoende effectief voor goederentreinen.



Aanpassing spoorligging, bijvoorbeeld door het verplaatsen van wissels en andere oneffenheden in het spoor, zoals de aansluiting tussen aardebaan en kunstwerk.



Aanpassing aan voertuigen, bijvoorbeeld door het reduceren van de treinsnelheid, beter toezicht op de kwaliteit van het materieel of het aanpassen van de afveerconstructie van treinwagons.[16]



8.2.2 *Mogelijke maatregelen aan de transmissie*

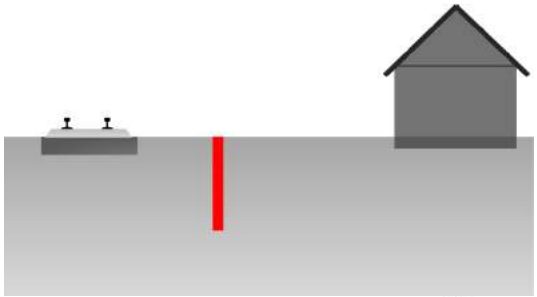
Bij maatregelen aan de transmissie (of de overdracht) kan reductie van trillingshinder worden bereikt door de trillingen te absorberen of te reflecteren. Absorptie van

[16] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan specifieke spoorwegondernemingen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen (lager dan de baanvaksnelheid) op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.

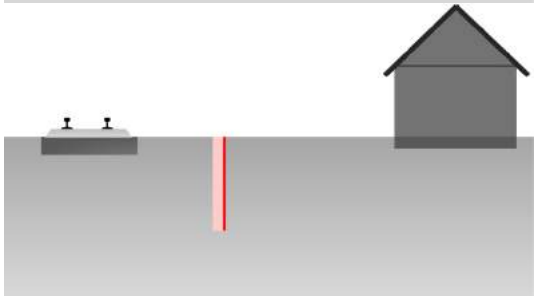
trillingen is praktisch vrijwel niet uitvoerbaar, reflectie van trillingen kan worden bereikt door het introduceren van een fysieke barrière tussen de bron en de ontvanger. Een dergelijke barrière kan worden gerealiseerd met een zeer licht materiaal zoals EPS[17] (of zelfs geen materiaal, zoals bij een 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:

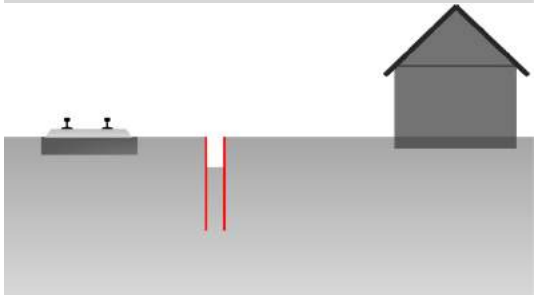
Ondergrondse trillingsreducerende constructie (OTC), bijvoorbeeld van beton of EPS. Een dergelijke constructie kan de trillingen absorberen (bij een zware constructie) of reflecteren, waardoor er een barrière ontstaat tussen bron en ontvanger.



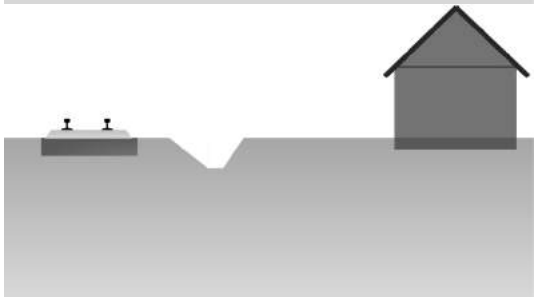
Beklede ondergrondse trillingsreducerende constructie (beklede OTC), waarbij de barrière wordt voorzien van een extra laag slap materiaal, bijvoorbeeld rubber, om een extra impedantiesprong te creëren. Deze maatregel heeft doorgaans meer effect dan een niet-beklede barrière.



Toepassen van een sleuf en damwand(en), bij deze constructie wordt een smalle sloot of EPS-constructie gerealiseerd naast een of tussen twee damwanden. De verschillende materialen zorgen voor impedantiesprongen, waardoor reflectie van de trillingsgolven optreedt.

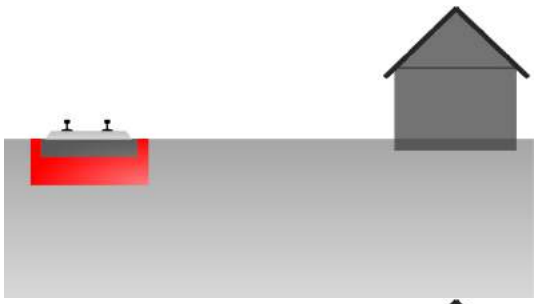


Sloot, hierbij wordt een fysieke onderbreking gecreëerd in het pad van de trillingen tussen bron en ontvanger.

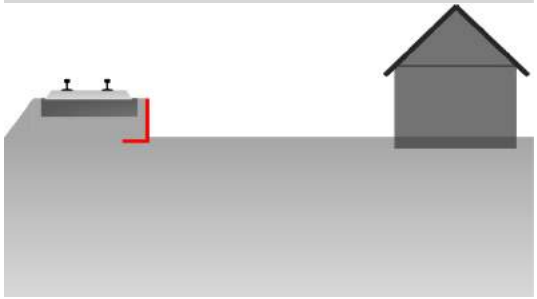


[17] EPS is een kunststof bestaande uit geëxpandeerd polystyreen, en wordt gebruikt voor fundaties en isolatie.

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. Treinen op een verhoogd talud geven doorgaans minder trillingen dan treinen die op maaiveld rijden.



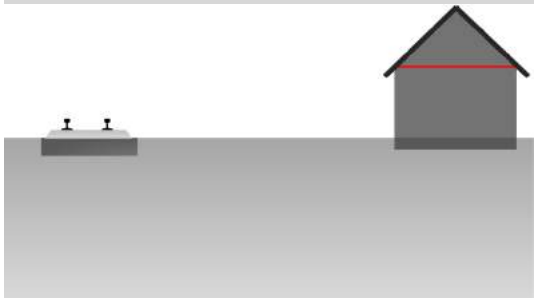
Voor al deze maatregelen geldt dat het effect voor reizigerstreinen groter is dan voor goederentreinen. Afhankelijke van de lokale bodemopbouw kunnen de maatregelen ook effect hebben voor goederentreinen. Het effect van een maatregel wordt daarom altijd frequentieafhankelijk doorgerekend, om rekening te houden met dit verschil in effect.

8.2.3 *Mogelijke maatregelen aan de ontvanger*

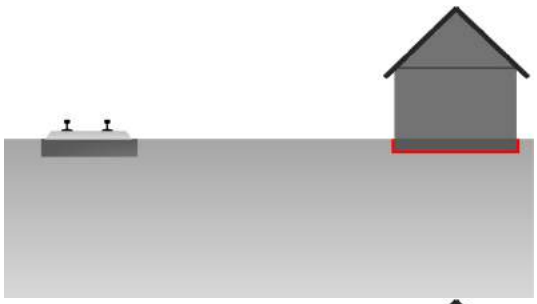
De laatste categorie maatregelen zijn maatregelen aan de ontvanger, aan de gebouwen. Nadeel van deze categorie is dat de meeste opties grote impact hebben op de gebruikers van de gebouwen en vrijwel niet uitvoerbaar zijn voor bestaande gebouwen. De volgende maatregelen zijn mogelijk:

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

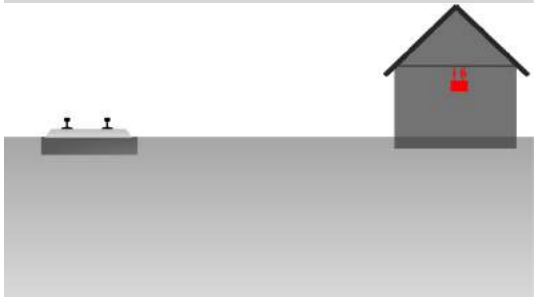
Verstijven van vloeren en muren, hierbij worden (veelal houten) vloeren en soms ook muren vervangen of verstevigd door stalen of betonnen elementen.



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 treinverkeer hebben vaak een breed frequentiespectrum, zodat deze maatregel vaak niet voldoende effectief is.

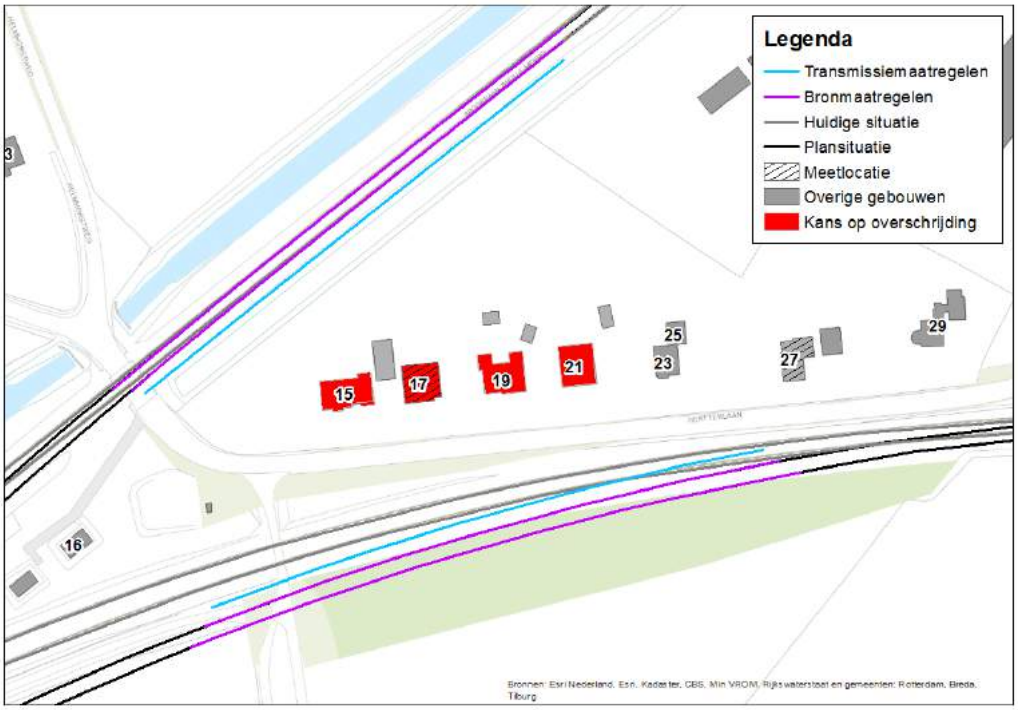


8.2.4 *Voorgestelde maatregelen*

In de volgende paragrafen wordt aangegeven welke maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit en inpassing de voorkeur verdienen.

8.3 Gebiedsbegrenzing

Uit hoofdstuk 7 blijkt dat er overschrijdingen zijn in subgebied 4 (Herfte Zuid), bij de meetlocatie Herfterlaan 17. Op basis van het nauwkeurige trillingsmodel, waarbij de resultaten gecorrigeerd zijn met behulp van de metingen, is per gebouw aangegeven of de locatie wel of niet voldoet aan het beoordelingskader, zie Figuur 8-3. Voor het cluster Herfterlaan gaat het om 4 woningen waar een overschrijding mogelijk is.



Figuur 8-3 *Locaties overschrijdingen, cluster Herfterlaan*

8.4 Onderzochte maatregelen

Voor het gedeelte van het subgebied dat niet voldoet is een onderzoek naar maatregelen uitgevoerd. In dit onderzoek is gefocust op een aantal maatregelen aan de bron (het spoor) en de transmissie (bodem). Voor de transmissiemaatregelen is een locatie beschouwd, zie ook Figuur 8-3: 4.5 m vanaf hart spoor. Maatregelen aan de bron moeten worden toegepast op de sporen die mogelijk voor overschrijdingen zorgen. In dit geval zijn dat alle sporen op de beide baanvakken Zwolle-Emmen en Zwolle-Meppel. De locaties voor maatregelen zijn weergegeven in Figuur 8-3. De benodigde totale lengte voor bronmaatregelen is ongeveer 775 meter, voor maatregelen aan de transmissie ongeveer 275 meter.

Uit een analyse van de gemeten trillingen en de eigenschappen van de woning volgt dat er alleen overschrijdingen van de streefwaarde worden verwacht in verticale richting op de verdiepingsvloeren. Deze overschrijding komt doordat de eigenfrequentie van de vloer (ca. 8 Hz) samenvalt met de dominante frequenties in de trillingsspectra van het treinverkeer. Om de trillingen te reduceren dient de eigenfrequentie van de vloeren te worden verhoogd tot boven de 30 Hz. Een dergelijke verhoging van de eigenfrequentie is niet realiseerbaar voor een houten verdiepingsvloer zonder het plaatsen van tussensteunpunten (lees: dragende tussenwanden) op de begane grond. Gezien de impact op de bewoonbaarheid wordt dit soort ingrijpende maatregelen buiten beschouwing gelaten. Er zijn daardoor geen effectieve maatregelen aan de woning mogelijk.

Verder blijkt dat de trillingen vooral worden veroorzaakt door treinen op de sporen van en naar Meppel. De meest waarschijnlijke oorzaak van de aanzienlijk hogere trillingssterkte van treinen op dit baanvak (vergeleken met treinen op het baanvak van en naar Emmen) is de ligging van de spoorwegovergang bij de Herfterlaan. Door het verschil in hardheid van de ondergrond tussen de spoorwegovergang (betonplaat) en

de aardebaan kunnen zettingsverschillen ontstaan, die leiden tot een toename van de trillingen. Bij het toepassen van maatregelen aan de sporen in de vorm van verende lagen in de spoorbaan (zoals under sleeper pads of ballastmatten) neemt de indrukking van de spoorbaan toe. Daarom moet een overgangszone worden gecreëerd waarin de under sleeper pads of ballastmatten langzaam slapper worden. Dit is enerzijds noodzakelijk vanuit veiligheidsoogpunt, anderzijds wordt hiermee voorkomen dat er juist een toename van de trillingen plaatsvindt door een abrupte wisseling in ondergrond. In de overgangszone zal naar alle waarschijnlijkheid een toename van de trillingen optreden. Gezien de benodigde lengte van de overgangszone in relatie tot de ligging van de spoorwegovergang zullen under sleeper pads en ballastmaten daarom geen of zelfs een versterkend effect hebben op de trillingen ter plaatse van de woningen die het betreft.

Op basis van deze en meer overwegingen zijn de maatregelen uit paragraaf 8.2 weergegeven voor cluster Herfterlaan in Tabel 8-1, met daarbij een indicatie van de uitvoerbaarheid (realiseerbaarheid en inpasbaarheid), verwachte effectiviteit en de kosten per gebouw voor de adressen met een overschrijding. Maatregelen die negatief (-) of nagenoeg geen effect (0) scoren op effectiviteit of negatief scoren op uitvoerbaarheid en/of kosten, worden niet nader onderzocht.

Tabel 8-1 *Mogelijke trillingsmaatregelen bij Herfterlaan*

	Uitvoerbaarheid	Effectiviteit	Kosten per gebouw	Nader onderzoeken
Bronmaatregelen				
Railpads	0	0	25 - 65 k€	nee
Under sleeper pads	+	0	36 - 82 k€	nee
Ballastmatten	0	0	65 - 163 k€	nee
Floating slab track	0	++	2.974 – 4.112 k€	nee
Slab track	0	0	2.617 – 3.397 k€	nee
Decktrack	0	0	3.250 – 5.038 k€	nee
Aanpassing dwarsliggers	0	0	33 - 82 k€	nee
Aanpassing spoorligging (overweg)	+	+		ja
Aanpassing aan voertuigen				nee
Transmissiemaatregelen				
OTC	0	+	170 - 2125 k€	nee
Beklede OTC	0	++	723 - 3400 k€	nee
Sleuf tussen twee damwanden	0	+	298 - 2686 k€	nee
Sloot aanleggen of verdiepen	0	+	10 - 510 k€	ja
Aanpassen bodem	-	0	325 - 4875 k€	nee
Aanpassen spoortalud	--	0	213 - 2720 k€	nee
Ontvangermaatregelen				
Amoveren	--	++	150 – 1.000 k€	nee
Verstijven van vloeren en muren	-	0	21 - 85 k€	nee
Inpakken van fundering	-	0	40 - 90 k€	nee
Tuned Mass Damper	+	-	10 - 30 k€	nee

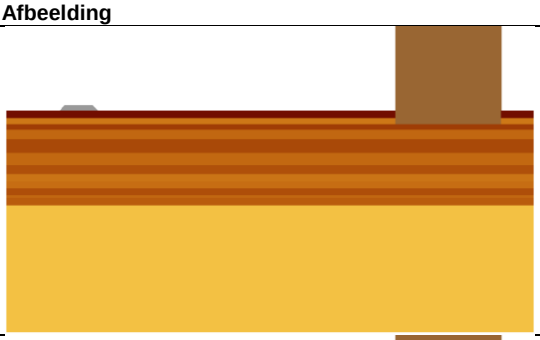
		Omschrijving per categorie	
Kleurcode	**Uitvoerbaarheid**	**Effectiviteit**	**Kosten per gebouw**
--	Niet uitvoerbaar	Sterk negatief effect	Kosten zijn hoger dan richtbedrag
-	Zeer moeilijk uitvoerbaar	Licht negatief effect	
0	Moeilijk uitvoerbaar	Geen effect	Kosten kunnen hoger zijn dan richtbedrag
+	Relatief eenvoudig uitvoerbaar	Licht positief effect	
++	Zeer eenvoudig uitvoerbaar	Sterk positief effect	Kosten zijn lager dan richtbedrag
	Niet van toepassing	Niet van toepassing	

Uit Tabel 8-1 volgt dat alleen een sloot een mogelijk kosteneffectieve maatregel is, en daarnaast het aanpassen van de spoorwegovergang bij de Herfterlaan. Omdat deze al wordt vernieuwd tijdens het project, is de verwachting dat de trillingen ten gevolge van de overweg sterk zullen afnemen, zeker wanneer de overweg wordt geoptimaliseerd ten aanzien van trillingen. De sloot als maatregel is gedetailleerd doorgerekend met behulp van 3D eindige elementenmodellen. De resultaten van de gedetailleerde doorrekening zijn opgenomen in de volgende paragraaf.

8.5 Resultaten detaillering maatregelen

Op analoge wijze als in het onderzoek van stap 3 is voor de meetlocatie Herfterlaan 17 de plansituatie berekend met de voorgestelde maatregel. De effectiviteit van de maatregel, zoals bepaald op basis van modelberekeningen, is weergegeven in Bijlage VI. In Tabel 8-2 zijn de resultaten van het gedetailleerde maatregelenonderzoek opgenomen. Er is een korte omschrijving van de maatregel, de trillingssituatie in de plansituatie met maatregel en, indien de maatregel voldoende effectief is, de totale bouwkosten per meter weergegeven. Situaties waarbij na het nemen van de maatregelen de trillingsintensiteit Vper groter is dan de A3-grenswaarde, zijn oranje gearceerd.

Tabel 8-2 *Overzicht van onderzochte maatregelen*

		Trillingen in plansituatie			
Maatregel	**Afbeelding**	**Vmax**	**Q**	**Vper**	**Kosten/m**
Geen maatregel (uitgangssituatie)		1.02	1.00	0.12	
T.1 Sloot • 3.5 m diep, 7.5 m breed • Naast baanvak Zwolle-Emmen • Naast baanvak Zwolle-Meppel		0.91	0.89	0.09	

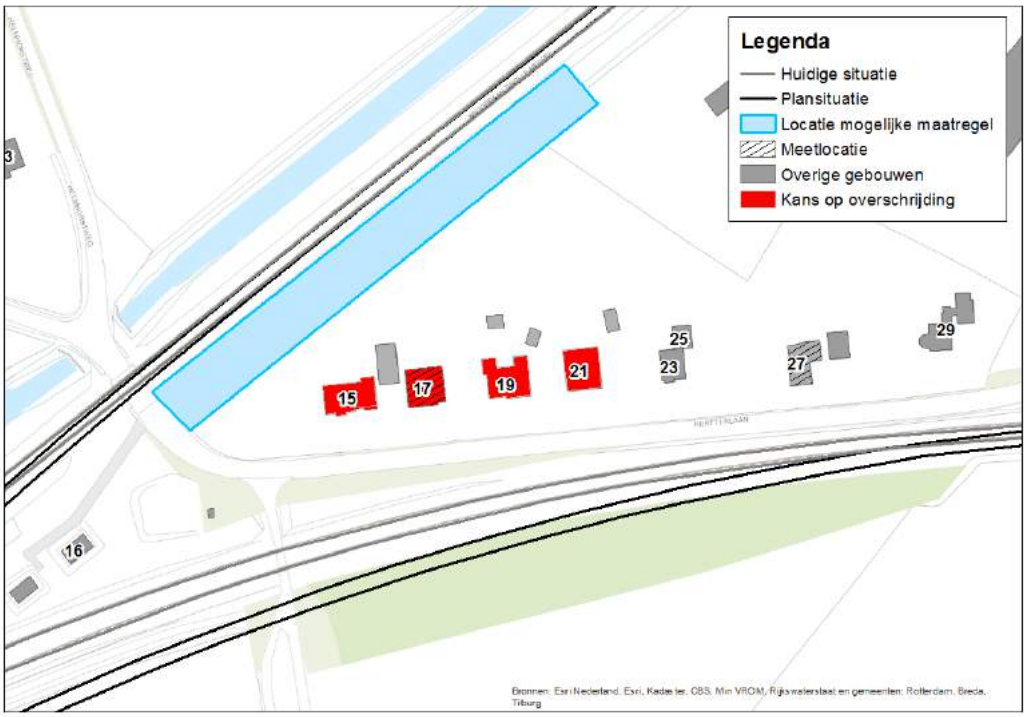
In de berekening van maatregel T.1, de sloot, is deze langs zowel het baanvak naar Emmen als het baanvak naar Meppel geplaatst. Uit een nadere analyse blijkt dat de sloot langs het baanvak naar Emmen geen significant effect heeft op de trillingssterkte en trillingsintensiteit. Er kan daarom worden volstaan met alleen een sloot langs het baanvak Zwolle-Meppel.

Op basis van de resultaten in Tabel 8-2 blijkt dat het toepassen van een sloot een doelmatige maatregel is die voldoende effect geeft om de overschrijding van V_{per} te reduceren.

8.6 Voorgestelde maatregel

Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan. Hiervoor zijn meerdere mogelijkheden. De verwachting is dat met een vernieuwing en aanpassing van de spoorwegovergang voldaan kan worden aan het beoordelingskader voor trillingshinder. Aanpassingen aan de spoorwegovergang zijn niet meegenomen in de kostenafweging van de maatregelen.

Als uit nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel, zie Figuur 8-4. Dit is een kosteneffectieve maatregel die de trillingen reduceert tot onder de streefwaarden. De kosten-batentabel is weergegeven in Tabel 8-3. Per woning met een overschrijding bedragen de verwachte kosten van de maatregel € 12.000 tot € 27.000.



Figuur 8-4 *Voorgestelde maatregellocatie*

Tabel 8-3 *Kosten-batentabel Herfterlaan*

Kosten	**Kosten per meter**	**Lengte maatregel**	**Totaal**
Subtotaal	€ 300 - € 644	165 m	€ 49.500 - € 106.500

Baten	**Aantal adressen**	**Richtbedrag / adres**	
Subtotaal	4	€ 47.000	€ 188.000
Saldo			€ 81.500 - € 138.500.

9 Trillingsschade

9.1 Inleiding

Schade door trillingen ten gevolge van treinverkeer komt in de praktijk niet vaak voor in Nederland. Uit de modelberekeningen die zijn uitgevoerd in het voorliggende onderzoek blijkt dat de trillingssterktes in alle gebouwen in het onderzoeksgebied lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. De metingen in Herfte zijn nauwkeuriger geanalyseerd. Uit deze analyse blijkt dat de trillingen op alle locaties aanzienlijk lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. Een toelichting per meetlocatie is opgenomen in Bijlage V.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade aan omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door bijvoorbeeld heiwerkzaamheden.
Daarom is een nadere analyse uitgevoerd met behulp van eindige elementen modellen om te bepalen voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten, en waar daarom een vooropname en eventueel maatregelen dienen te worden getroffen tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De vooropnames zijn bedoeld om de huidige schade van gebouwen vast te stellen, zodat na de werkzaamheden een causaal verband kan worden gelegd tussen de eventueel opgetreden schade en de uitgevoerde werkzaamheden.

In het huidige ontwerp is naar verwachting sprake van werkzaamheden met kans op schade op een aantal locaties:

1. Het realiseren van enkele viaducten of bruggen. Er zijn viaducten gepland bij de Oldermannenlaan, de Marsweg en de Ceintuurbaan, en bruggen bij de Nieuwe Wetering en de Emmertochtsloot;
2. Het realiseren van de dive-unders. Deze wordt waarschijnlijk gerealiseerd met behulp van trekpalen.

In alle gevallen gaat er geheid worden.

9.2 Uitgangspunten

Er zijn drie modellen gemaakt, waarvan de uitgangspunten per model zijn weergegeven in Tabel 9-1.

Tabel 9-1 *Uitgangspunten modelberekeningen*

Model	Omschrijving	Sondering/Boring	Palen
M.1	Heien dive-under	0140006S	450 x 450 mm, tot -11 m NAP
M.2	Heien kunstwerk Marsweg	01400111	450 x 450 mm, tot -11m NAP
M.3	Heien kunstwerk Marsweg	S21G00022	450 x 450 mm, tot -13 m NAP

In de berekeningen is een veiligheidsfactor van 2.0 toegepast op de trillingssnelheden. Uit nadere analyse van de trillingssignalen is gebleken dat de oscillaties tengevolge van heien een grote component in het frequentiegebied van onder de 10 Hz hebben, daarom is de maximaal toegestane amplitude uit dit frequentiegebied in de SBR A-richtlijn toegepast. Rond alle locaties is voornamelijk sprake van gebouwen in categorie 2 van de SBR A-richtlijn, zie Bijlage II. Het betreft gebouwen in goede staat.

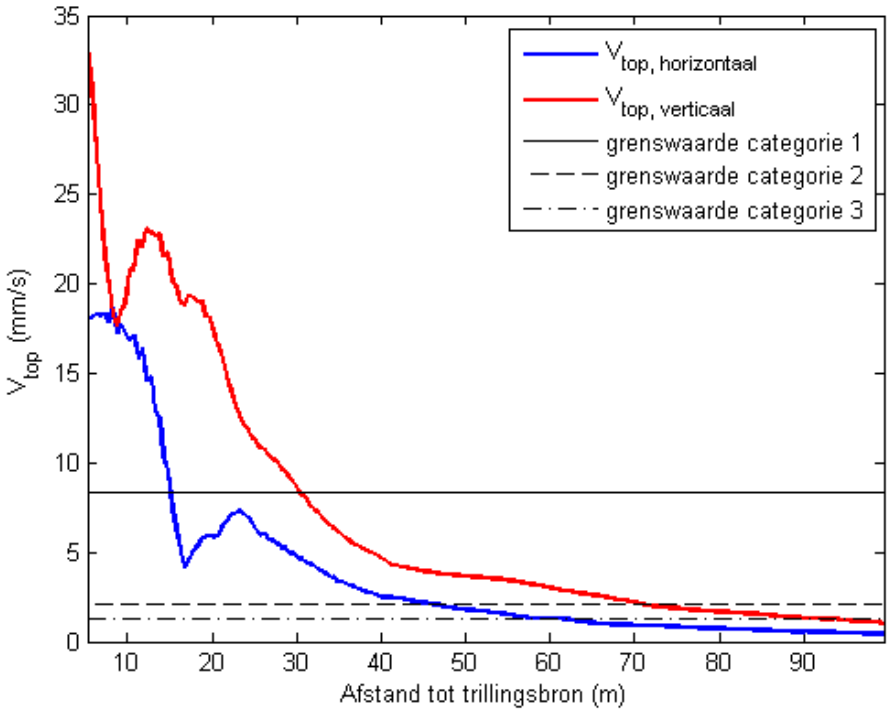
De modellen M.2 en M.3 zijn op vrijwel dezelfde locatie. Uit het onderzoek blijkt dat model M.2, ondanks de kleinere diepte van de palen, de grootste contourafstanden geeft. Voor alle heiwerkzaamheden ten oosten van de Primulastraat wordt model M.2 gebruikt, ten westen van de Primulastraat model M.1

9.3 Modellering

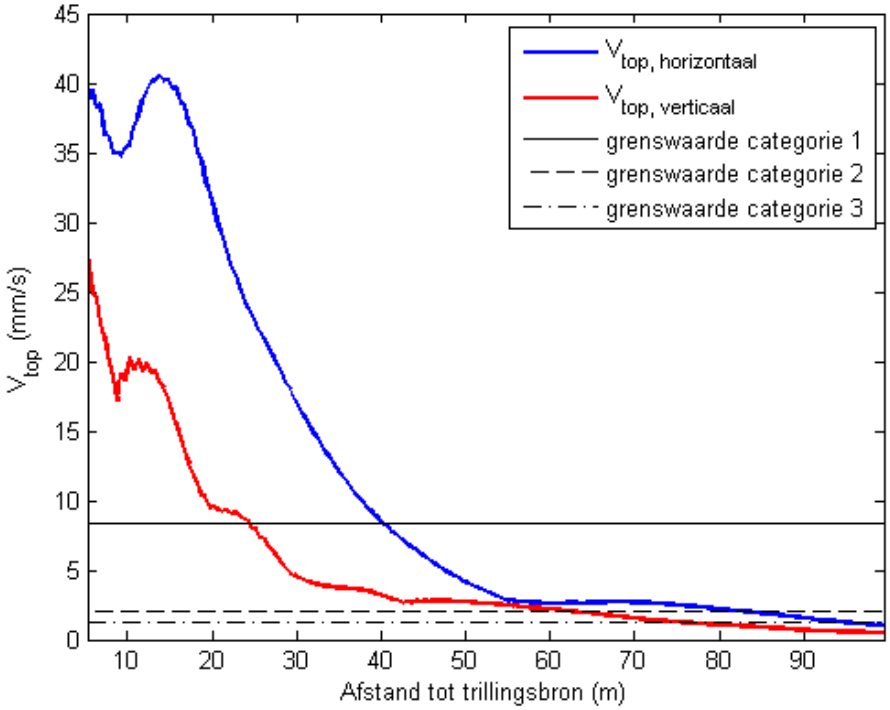
Voor het bepalen van de afstanden waarop schade kan ontstaan aan gebouwen is gebruik gemaakt van 3D-rekenmodellen met de grondopbouw van de verschillende locaties. De modellen zijn axi-symmetrisch gemaakt. Dit is gebaseerd op het feit dat de golven zich in een cirkel uitbreiden vanaf de puntbron (de heipaal). Het inheien van de heipalen gebeurt met een heiblok. In het model is de zwaarte van het heiblok afhankelijk van de grote van de paal.

9.4 Resultaten

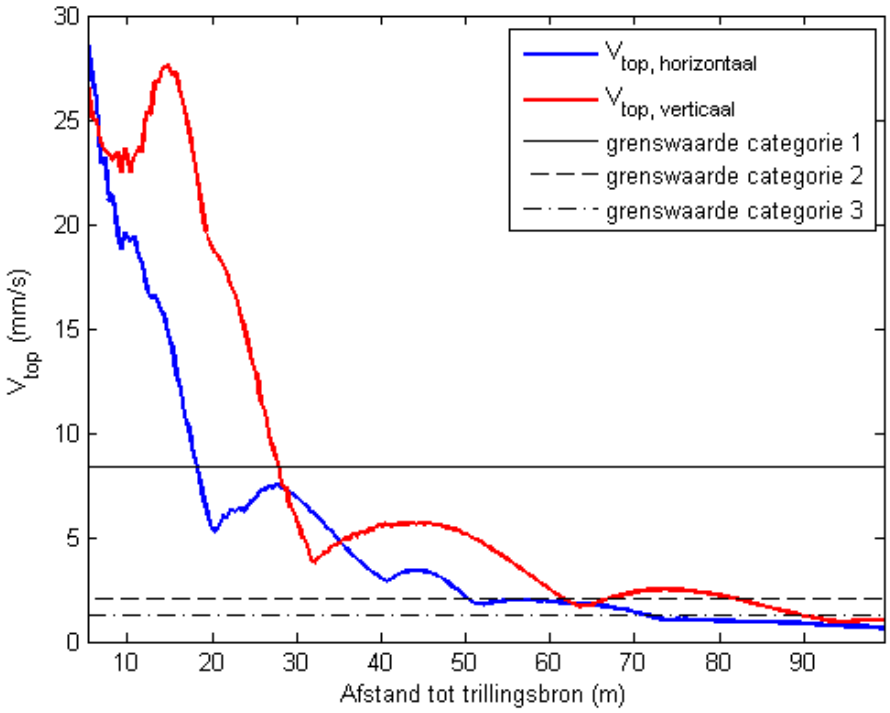
De trillingssnelheid (zowel in horizontale als in verticale richting) als functie van de afstand en de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen, is weergegeven in Figuur 9-1 tot en met Figuur 9-3.



Figuur 9-1 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.1*



Figuur 9-2 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.2*



Figuur 9-3 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.3*

De contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen voor de verschillende modellen zijn weergegeven in Tabel 9-2.

Tabel 9-2 *Contourafstanden mogelijke bouwschade*

	Toegestane afstand (m)		
Model	**Categorie 1**	**Categorie 2**	**Categorie 3**
M.1	15	46	62
M.2	24	62	75
M.3	18	50	71

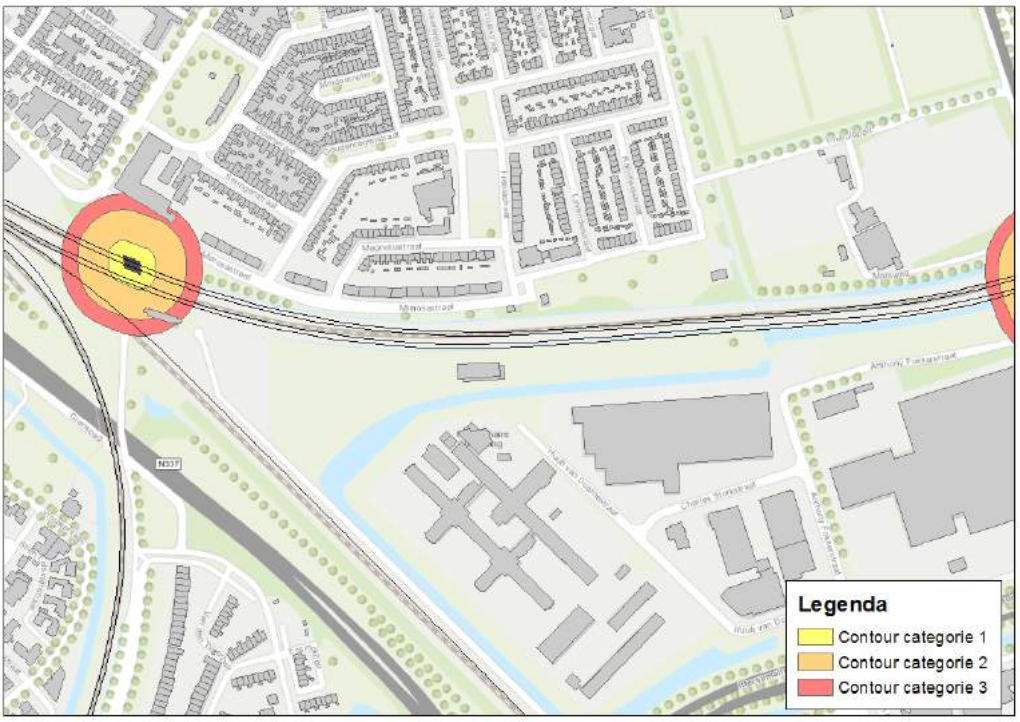
De contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen zijn geprojecteerd rond de werkzaamheden bij de kunstwerken, zie Figuur 9-4 tot en met Figuur 9-6. Binnen de aangegeven afstanden tot de werkzaamheden is trillingsschade ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet uit te sluiten.

In de volgende paragrafen wordt dit kort toegelicht middels een beschrijving van de locaties met een kans op schade en bijbehorende contourfiguren. De panden met een kans op schade zijn blauw gearceerd, hierbij is rekening gehouden met de staat van het pand (categorie 1, 2 of 3 conform de SBR A-richtlijn, zie Bijlage II).

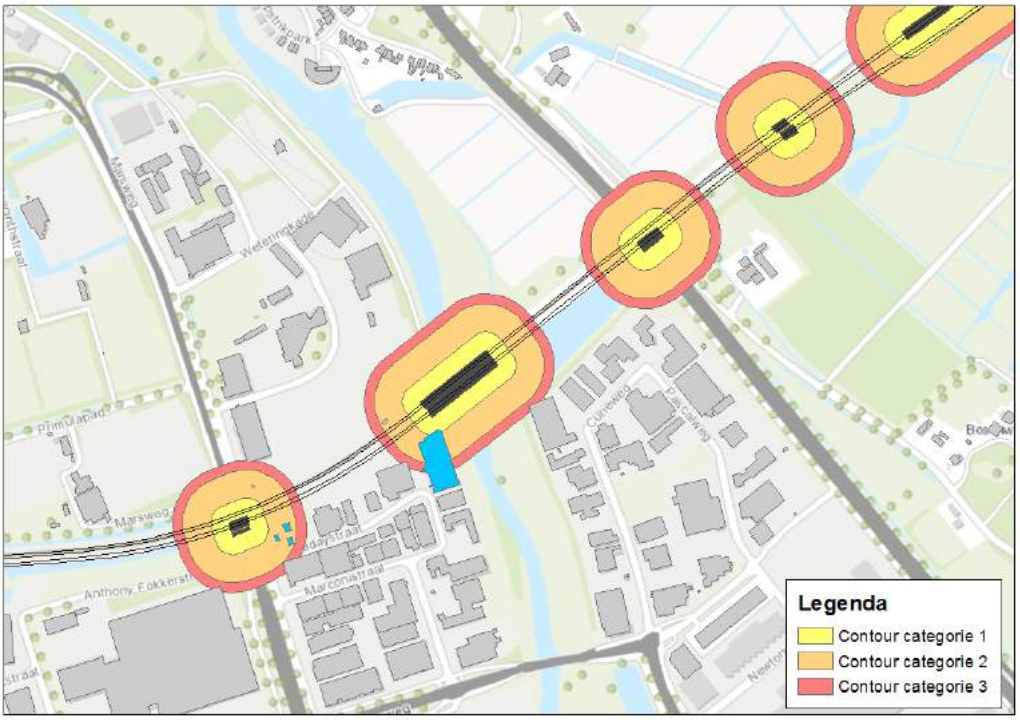
9.5 Schadecontouren

Bij de spooruitbreiding Zwolle - Herfte is er een kans op schade bij de realisatie van de volgende objecten:

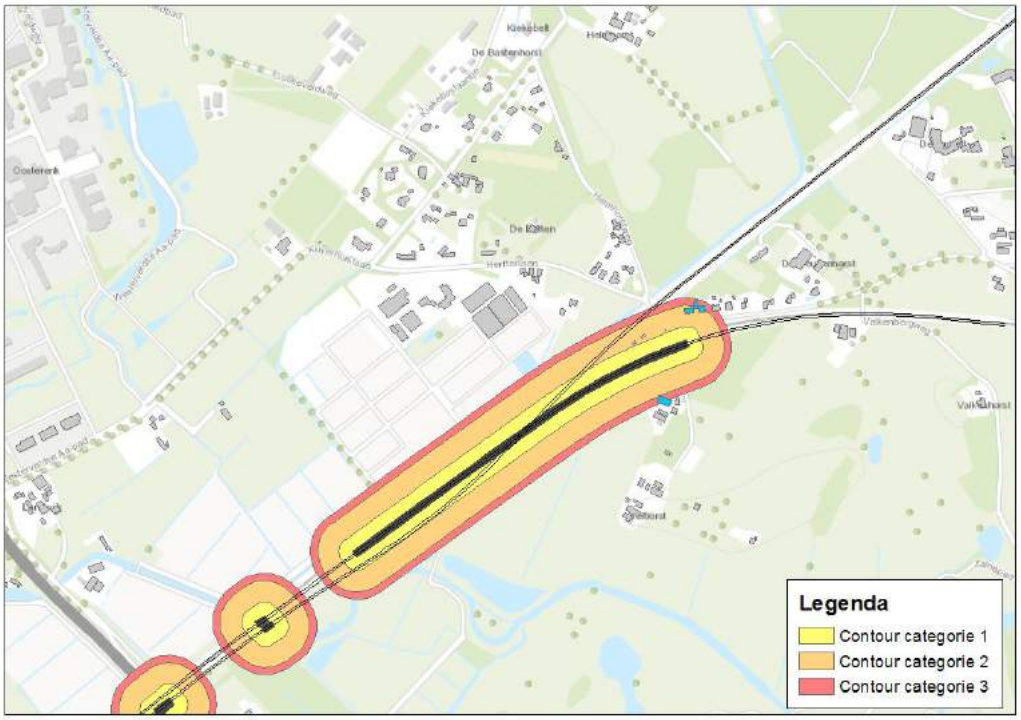
1. Viaduct over de Marsweg: kans op schade aan enkele technische ruimtes, zie Figuur 9-5;
2. Brug over de Nieuwe Wetering: kans op schade bij een bedrijfspand aan de Faradaystraat, zie Figuur 9-5;
3. Dive-under bij de spoorsplitsing bij Herfte: kans op schade aan woningen en bijgebouwen aan de Herfterlaan, zie Figuur 9-6.



Figuur 9-4 *Schadecontouren bij Mimosastraat*



Figuur 9-5 *Schadecontouren bij Nieuwe Wetering*



Figuur 9-6 *Schadecontouren bij spoorsplitsing Herfte*

9.6 Aanbevelingen

Voor locaties waar een kans op trillingsschade niet is uit te sluiten, adviseren wij nader onderzoek. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans

op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

10 Conclusies en aanbevelingen

In het voorliggende trillingsonderzoek zijn de trillingseffecten voor het project *Zwolle-Herfte* bepaald. Het doel van dit onderzoek is tweeledig:

1. Het vaststellen en beoordelen van de trillingshinder tijdens de exploitatiefase, na realisatie van het project. Dit onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van het OTB;
2. Het beoordelen van de trillingsschade tijdens de realisatie- en bouwfase.

10.1 Onderzoek naar trillingshinder

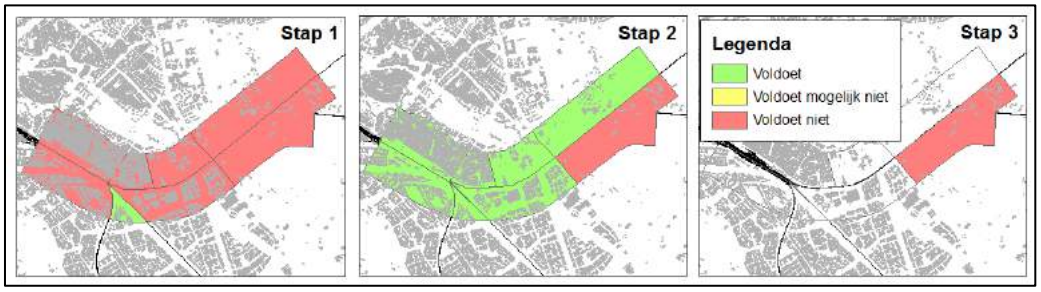
In dit onderzoek is de trillingssituatie na realisatie van *Zwolle-Herfte* vergeleken met de referentiesituatie in het jaar 2014. Middels een uitgebreid trillingsonderzoek in een zone van 500 meter rondom de sporen is de trillingssterkte in gebouwen vastgesteld. Hiertoe is het onderzoeksgebied geografisch opgedeeld in deelgebieden, afhankelijk van bodemopbouw, bouwjaar en constructie van de woningen. In dit trillingsonderzoek wordt gebruik gemaakt van een getrapte aanpak:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden met behulp van een globaal trillingsmodel op basis van expert judgment;
2. Stap 2: inventarisatie van aandachtslocaties aan de hand van metingen op maaiveld en empirische prognoses, verwerkt in een nauwkeurig trillingsmodel;
3. Stap 3: trillingsmetingen in woningen en nauwkeurige trillingsprognoses op aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

De beoordeling aan de hand van de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts), uitgevoerd na bovengenoemde stappen 1, 2 en 3, is weergegeven in Figuur 1. Locaties die in een bepaalde stap afvallen, behoeven niet te worden meegenomen in vervolgstappen. Ter verificatie van de gekozen aanpak zijn op een groot aantal locaties nog wel aanvullende onderzoeken verricht. Andersom is op sommige locaties geen nader onderzoek verricht omdat de resultaten uit de andere aanvullende onderzoeken voor deze locaties gebruikt kunnen worden.

Uit het onderzoek volgt dat er een kans op een overschrijding is bij enkele woningen aan de Herfterlaan. Hier is een grote kans op een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} door de toename van het aantal goederentreinen op vooral het traject naar Meppel, en in mindere mate door de hogere rijsnelheid van treinen van en naar Emmen en de toename van de goederentreinen van en naar Emmen.

Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang bij de Herfterlaan de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan door technische aanpassingen door te voeren tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang. Als uit nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel. De afweging op doelmatigheid wordt uitgevoerd in het OTB.



Figuur 1 *Resultaten trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte*

10.2 Onderzoek naar trillingsschade

Uit het trillingsonderzoek volgt dat trillingsschade tijdens de exploitatie zeer onwaarschijnlijk is, de trillingssnelheden zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade bij omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door werkzaamheden als het intrillen van damwanden of bijvoorbeeld door heiwerkzaamheden. Met behulp van eindige elementen modellen is bepaald voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten.

In het ontwerp is op een aantal locaties sprake van werkzaamheden die mogelijk tot trillingsschade kunnen leiden. Dat zijn met name het viaduct over de Marsweg, de brug over de Nieuwe Wetering en de dive-under. Er is alleen kans op schade aan de Herfterlaan. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

Colofon

Opdrachtgever ProRail B.V.

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Planontwikkeling en Bouwprocessen: Omgeving en Conditionering

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 265 55 55

Ondertekenaar

Projectnummer RA001791

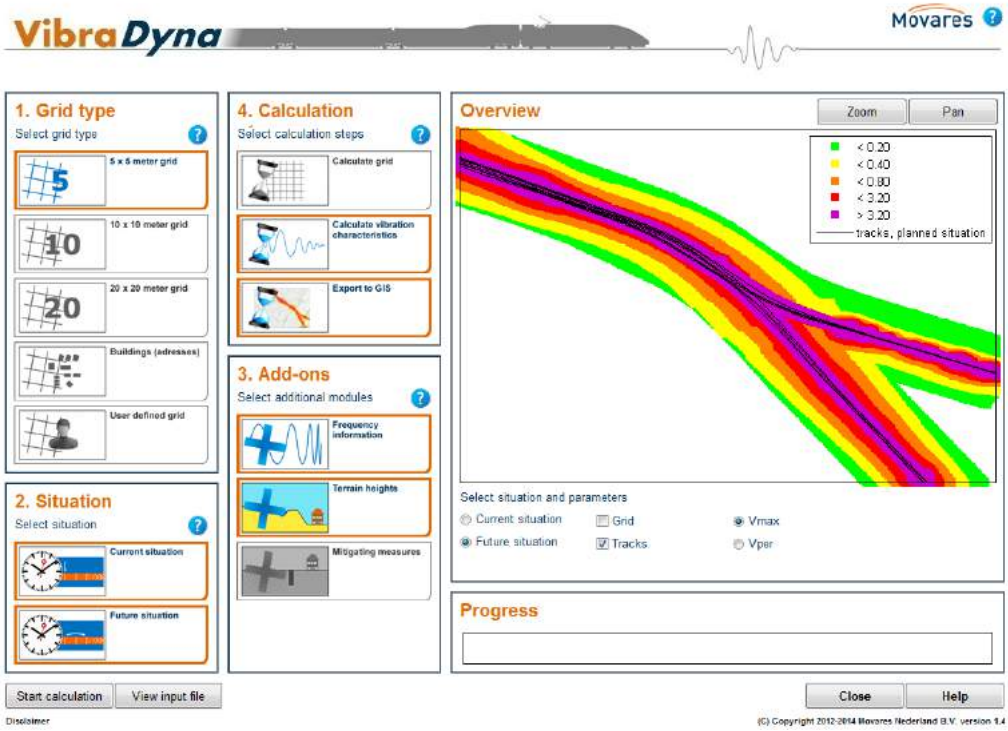
Opgesteld door

© 2015, Movares Nederland B.V.

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

Bijlage I VibraDyna

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Vibra*Dyna*, een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat met behulp van een database en door de gebruiker geselecteerde specifieke gegevens de trillingssituatie berekend ten gevolge van rail- of wegverkeer, zie Figuur I-1.



Figuur I-1 *VibraDyna*

In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van twee types berekeningen in Vibra*Dyna*:

1. Een snelle, globale berekening op basis van expert judgment voor stap 1 van het trillingsonderzoek;
2. Een nauwkeurige berekening op basis van metingen. Dit type onderzoek is gebruikt in de tweede stap van het trillingsonderzoek.

Beide types modellen worden hieronder nader toegelicht.

I.1 Globale berekening op basis van expert judgment

De berekeningen in Vibra*Dyna* kunnen aanzienlijk worden versneld en versimpeld door alleen gebruik te maken van de database van het model. Deze database bevat gegevens over de grondopbouw, trillingssterktes, invloed van wissels en kunstwerken en talloze andere aspecten, en is opgebouwd op basis van jarenlange ervaring met metingen langs spoorlijnen en wegen. Alle aannames in het model zijn worst-case (conservatief).

I.1.1 In- en uitvoer

Gebruikers kunnen de volgende parameters variëren:

1. Afstand tussen gebouw en spoor;

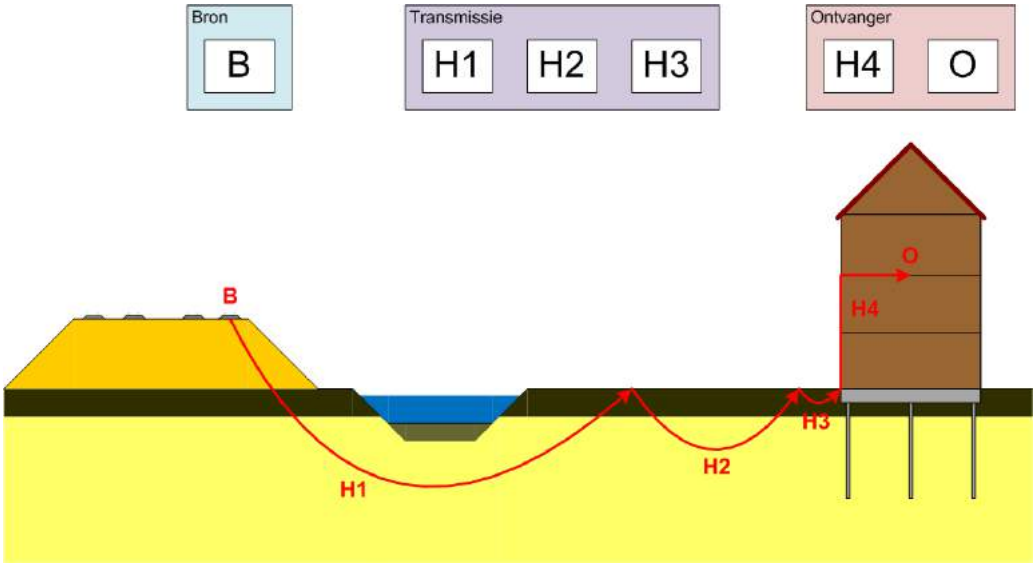
2. Bodemtype (zand, veen, klei, etc.). Deze gegevens zijn op hoofdlijnen uit archieven beschikbaar;
3. Voertuigtypes;
4. Voertuigsnelheden;
5. Voertuigintensiteiten in dag-, avond- en nachtperiode;
6. Wissels en kunstwerken.

Output van het model is de trillingssterkte en trillingsintensiteit op de door de gebruiker opgegeven locatie(s). Resultaten kunnen worden gevisualiseerd in bijvoorbeeld een GIS-applicatie.

I.1.2 Bron, transmissie en ontvanger

Vibra*Dyna* 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.

In de overdracht van trillingen van bron naar ontvanger wordt 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 I-2. Bron, transmissie en ontvanger zijn daarin aangegeven.



Figuur I-2 *Transmissie van trillingen*

In de globale berekening worden alle parameters niet-frequentieafhankelijk beschouwd.

I.1.3 Database

Er is een aantal bronparameters dat de trillingssterkte beïnvloedt, deze bronparameters kunnen worden onderscheiden in twee categorieën:

1. Treinafhankelijke parameters, zoals treinsnelheid, aslast, afvering en wielruwheid. Deze parameters worden deels ingegeven door de gebruikers, en zijn deels opgenomen in de database van Vibra*Dyna*;

2. Baanparameters, zoals oneffenheden in de baan, zetting van de baan en de aanwezigheid van wissels en kunstwerken. Deze parameters zijn opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.

Parameters uit categorie 1 worden meegenomen door onderscheid te maken tussen verschillende treintypes en door het introduceren van een variatie op de betrouwbaarheid. Parameters uit categorie 2 worden meegenomen als afzonderlijke trillingsbronnen.

I.1.4 Berekening

Met behulp van de relaties tussen de treintypes en de Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} per treintype bepaald in de referentie- en plansituatie.

De trillingsintensiteit V_{per} wordt berekend met behulp van de maximale uurintensiteit van de verschillende treintypes. Dit resulteert in een conservatieve inschatting van V_{per}, aangezien niet alle maximale uurintensiteiten in dezelfde periode (dag, avond of nacht) optreden.

I.2 Nauwkeurige berekening op basis van metingen

Voor veel onderzoeken is een grotere precisie van het onderzoek gewenst dan een bepaling op basis van expert judgment, zodat posities van aandachtslocaties beter inzichtelijk kunnen worden gemaakt. In dat geval kan een nauwkeuriger berekening worden uitgevoerd met Vibra*Dyna*, waarbij gebruik wordt gemaakt van metingen. Deze metingen worden door de gebruiker zelf uitgevoerd en als invoer in het model gestopt.

De volgende meetresultaten kunnen worden ingevoerd in het model:

- Trillingsmetingen aan voertuigpassages op maaiveld loodrecht op het spoor of de weg, om de bronsterkte van de verschillende passerende voertuigen te bepalen;
- Valproeven om de afnamecurve van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

Ten opzichte van de globale berekening wordt deze nauwkeuriger berekening frequentieafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast wordt rekening gehouden met lokale variaties in taludgeometrie, bodem- en baanopbouw. Daardoor heeft dit type model een grotere betrouwbaarheid.

I.2.1 Frequentieafhankelijkheid

In het nauwkeurige 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 demping van de bodem, bepaald uit valproefmetingen. 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.

I.2.2 Relatie tussen tertsbandspectrum en v_{eff}

De trillingssterkte v_{eff} is een gewogen voortschrijdend gemiddelde, dat gecorrigeerd is voor frequenties. Deze grootheid wordt gebruikt om de trillingssterkte V_{max} te bepalen, die vervolgens getoetst wordt aan de Bts.

Er is een verhouding tussen de v_{rms}-waarde van het trillingssignaal en de trillingssterkte v_{eff}. Deze verhouding is van belang omdat het model rekent met tertsbandspectra, maar toetsing plaatsvindt op basis van de trillingssterkte V_{max}, die wordt bepaald uit de gehele verzameling van gemeten v_{eff}-waarden voor alle treinen.
De v_{rms}-waarde kan worden bepaald uit het tertsbandspectrum door energetisch te sommeren over de frequenties, na het toepassen van de correctie 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 tertsbandspectrum en $F_c(f)$ de correctiefactor van de SBR B-richtlijn. De waarde van v_{rms} kan niet één op één vertaald worden naar de waarde van v_{eff}. De omrekening vindt daarom plaats via een statistische verdeling die uit een groot aantal metingen is bepaald.

I.2.3 Berekening

De berekening in Vibra*Dyna* vindt plaats volgens een aantal stappen. Met behulp van de relaties tussen de treintypen en een frequentieafhankelijke Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} bepaald voor de referentie- en plansituatie.

De trillingsintensiteit V_{per} wordt op analoge wijze als in stap 1 berekend.

I.3 Betrouwbaarheid van Vibra*Dyna*

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 trillingssterkte;
- 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. Zo kunnen gebouwen met een ongunstige overdrachtskarakteristiek (tussen maaiveld en de bewoonde vloeren) afwijken van de gemiddelde prognoses die het model hanteert. Om er toch voor te zorgen dat de modellen zo betrouwbaar mogelijk zijn, is de volgende aanpak gehanteerd:

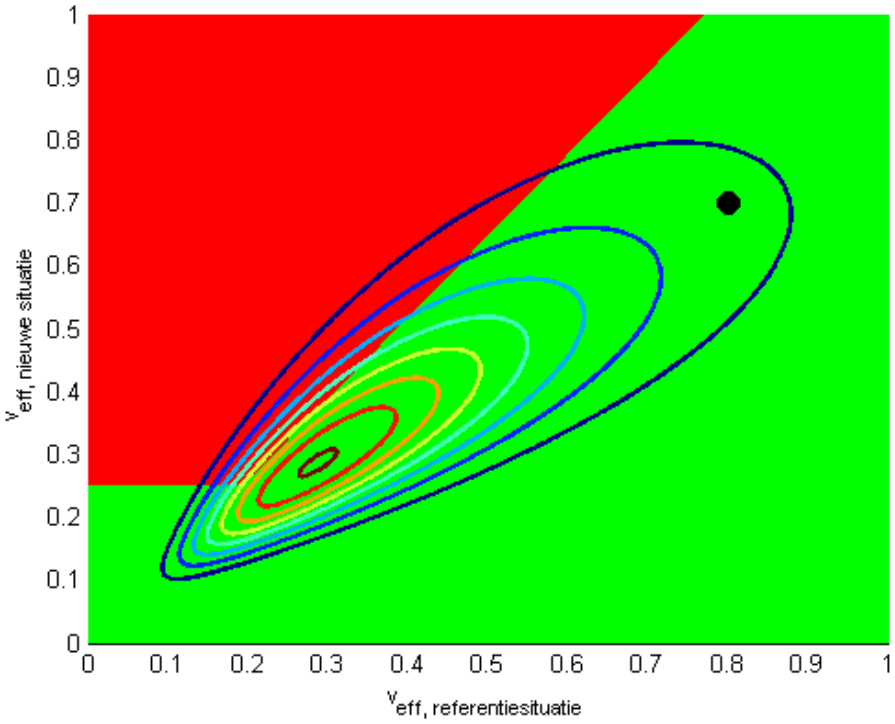
1. Modelparameters zijn bepaald op basis van een groot aantal metingen in een groot aantal gebouwen door het gehele land, over langere tijd. De beoordeling van de trillingssterkte vindt plaats op basis van een bovengrens die statistisch wordt bepaald. Hierdoor is het percentage gebouwen waar in werkelijkheid een hogere trillingssterkte wordt gemeten, zeer klein. Bij het nauwkeurige model is het mogelijk om gebouweigenschappen toe te voegen, zodat de invloed van sterk afwijkende bebouwing sterk wordt gereduceerd;

2. 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*[18], *Sporen in Utrecht*[19] en *Doorstroomstation Utrecht*[20];
3. In de beoordeling van de modelresultaten worden drie categorieën onderscheiden:
    a. Gebouwen die voldoen aan het beoordelingskader;
    b. Gebouwen die wel voldoen aan het beoordelingskader, maar waarbij nog een kans op een overschrijding is;
    c. Gebouwen die niet voldoen aan het beoordelingskader.

   Locaties waarvan niet zeker is dat ze voldoen aan het beoordelingskader, komen voor nader onderzoek in aanmerking. Door deze conservatieve manier van beoordeling worden alle locaties (extreme uitschieters uitgezonderd) waar een mogelijke overschrijding is van het beoordelingskader, net zo lang onderzocht totdat duidelijk is dat er geen overschrijdingen zullen optreden. Wanneer in stap 3 van het onderzoek blijkt dat er desondanks overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, dan worden in stap 4 maatregelen ontworpen om de locatie alsnog te laten voldoen aan de streefwaarden.

De maximale trillingssterkte en trillingsintensiteit wordt door Vibra*Dyna* met een betrouwbaarheid van 95 procent bepaald door het model. Bij beoordeling op de Bts speelt vooral de toename in trillingssterkte een belangrijke rol. Om deze toename conservatief genoeg te berekenen, rekent Vibra*Dyna* met simultane probabilisitsche verdelingen van de trillingssterkte per meetpunt.
Voor elke factor die de trillingssterkte beïnvloedt, de correlatie te bepalen tussen deze factor in de referentie- en plansituatie. Door vervolgens een simultane probabilistische verdeling op te stellen van de maximale trillingssterkte in de referentie- en plansituatie, kunnen kansdichtheidscontouren worden getrokken zoals in Figuur I-3. De zwarte punt geeft in dit geval de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie weer.

[18] Boon, ir. P.M., *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400006, 31 maart 2014, versie 1.0
[19] Boon, ir. P.M., *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400005, 31 maart 2014, versie 1.0
[20] Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek,* Movares Nederland B.V., OND-ET-CON-TR-RAP-100, 4 juni 2015, versie 3.0



Figuur I-3 *Voorbeeld trillingssterkte in referentie- en plansituatie (zwarte stip) en kansdichtheidscontouren van mogelijke trillingssterktes (correlatiecoëfficiënt van 0.85)*

Hoe groter de correlatie tussen de beide situaties is (d.w.z., hoe minder veranderingen er zijn tussen referentie- en plansituatie), hoe meer de contouren worden samengetrokken naar de lijn die loopt tussen de zwarte punt en het centrum van de contouren in Figuur I-4, en hoe betrouwbaarder de predictie dus is.
Door de simultane probabilistische verdeling van de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie te integreren over het groene gebied in Figuur I-3, kan een kans worden toegekend aan of een woning voldoet in de plansituatie. Voor de in Figuur I-3 getoonde verdeling en contouren is deze kans bijvoorbeeld gelijk aan 85 procent.
Enkele aandachtspunten bij deze overschrijdingskans:

1. Voor het getoonde voorbeeld is er nog een kans van 15 procent op een overschrijding van de grenswaarden. Bij overschrijdingen is de waarde van de trillingssterkte in de nieuwe situatie waarschijnlijk echter aanzienlijk lager dan de trillingssterkte die weergegeven is door de zwarte stip in Figuur I-4. Op basis van uitgebreid onderzoek is ervoor gekozen om locaties nader te onderzoeken indien de overschrijdingskans groter is dan 80 procent. De overschrijdingskans wordt alleen meegenomen om te bepalen of een woning of deelgebied wordt meegenomen in een vervolgonderzoek, niet bij het al dan niet nemen van maatregelen;
2. In het globale model wordt een eventuele wijziging in taludgeometrie nog niet meegenomen. Daarom wordt in dit model extra conservatief getoetst door te rekenen met een lagere correlatiecoëfficiënt (meer spreiding in resultaten mogelijk).

Bijlage II Beoordelingskader

II.1 Algemeen

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen leiden tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen resulteren in hinder en/of schade. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR richtlijn is hierop gebaseerd.

De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu een *Beleidsregel Trillingshinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is.

In dit onderzoek wordt verstoring aan apparatuur niet onderzocht. Voor het onderzoek naar trillingshinder ten behoeve van het OTB wordt gebruik gemaakt van de Bts, voor het onderzoek naar trillingsschade wordt de SBR A-richtlijn gebruikt. In de volgende paragrafen staan deze de beoordelingskaders achtereenvolgens beschreven.

II.2 Bts (Beleidsregel Trillingshinder Spoor) – beoordelingskader trillingshinder

Tot op heden zijn er nog geen richtlijnen voor trillingshinder vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2012 een *Beleidsregel Trillingshinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is. Naar aanleiding van de uitspraken van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State op 2 oktober 2013 in zake de Tracébesluiten *Sporen in Arnhem 2012* en *Sporen in Utrecht 2012 deeltracé Utrecht Centraal – Houten*, is de Bts gewijzigd om tegemoet te komen aan de kritiekpunten. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de eerdere Bts komen tot uiting in:

- Een nadere invulling van het kosteneffectiviteitscriterium, met een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen. Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[21], uitgevoerd door Witteveen+Bos, RoyalHaskoningDHV en TNO;
- Een aanpassing van de meetprocedure. De trillingssterkte wordt bepaald over een meetperiode van tenminste een week;
- De introductie van een naverwerkingsmethode, met als doel een reproduceerbare maximale trillingssterkte te genereren, die vergelijkbaar is met de methode zoals gehanteerd in de SBR B-richtlijn;
- De introductie van een reproduceerbaarheidswaarde *R*. Deze factor is een indicatie van de onzekerheid in de meting en eventuele prognoses die zijn gemaakt, en geeft aan in hoeverre het resultaat van een herhaling van de meting

[21] MKBA = Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, methodiek om de maatschappelijk gezien acceptabele kosten van een maatregel te bepalen. Zie Ruijgrok, dr. ir. E.C.M. e.a., *Kosteneffectiviteitstoetsing Trillingsreducerende Maatregelen Spoor*, Witteveen+Bos, juni 2013, projectcode ut702-1-1

of berekeningen kan afwijken van het gegeven resultaat. Wanneer deze *R*-waarde hoger is dan 10 procent, wordt bij het beoordelen van de trillingssituatie en het nemen van maatregelen rekening gehouden met deze onzekerheid.

In de Bts wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de grenswaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Dit project valt onder bestaande (gewijzigde) situaties. Bts artikel 1 spreekt van een 'bestaande situatie als een referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer'.
De Bts maakt daarnaast onderscheid tussen de dag- en avondperiode en de nachtperiode. Hierbij geldt dat de grenswaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond.
Om de trillingssterkte in een gebouw te bepalen dient de effectieve trillingssnelheid v_{eff} gemeten te worden in een gebouw gedurende een periode van minimaal een week. Deze effectieve trillingssnelheid wordt bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit voortschrijdend gemiddelde genomen. Middels een statistische procedure wordt vervolgens een waarde bepaald voor $V_{max, Bts}$, zie ook Bijlage IV. Deze waarde wordt gebruikt voor toetsing aan de streefwaarden.

V_{per} is een weergave van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 valt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van de V_{per}. Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling de SBR B-richtlijn.

II.2.1 Normstelling in de Bts

De grenswaarden in de Bts verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en zijn verschillend per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte* (gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en kantoren en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel II - 1 voor de normstelling voor bestaande situaties.
De Bts kent drie grenswaarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

Tabel II - 1 *Normstelling bestaande situatie volgens Bts*

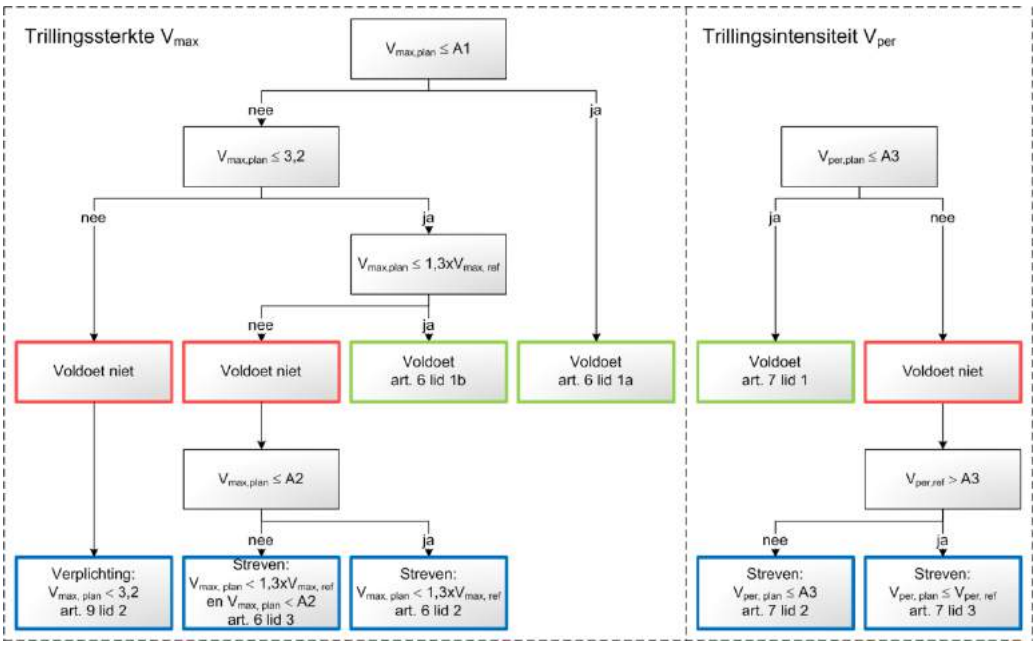
	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

II.2.2 Beoordeling van trillingssituatie

Voor het beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts voor bestaande situaties moet het schema in Figuur II - 1 worden doorlopen. Dit schema geeft aan

wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3;
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 en de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2.
3.



Figuur II - 1 *Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts*

II.3 SBR richtlijn deel A – beoordelingskader trillingsschade

II.3.1 Schade als gevolg van treinverkeer

Bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot schade aan gebouwen in de omgeving van de werkzaamheden. Heien, het intrillen van damwanden en sloopwerkzaamheden kunnen hoge trillingsnelheden veroorzaken, die zeker op korte afstand van de trillingsbron tot schade in gebouwen kunnen leiden.

II.3.2 Schade ten gevolge van treinverkeer

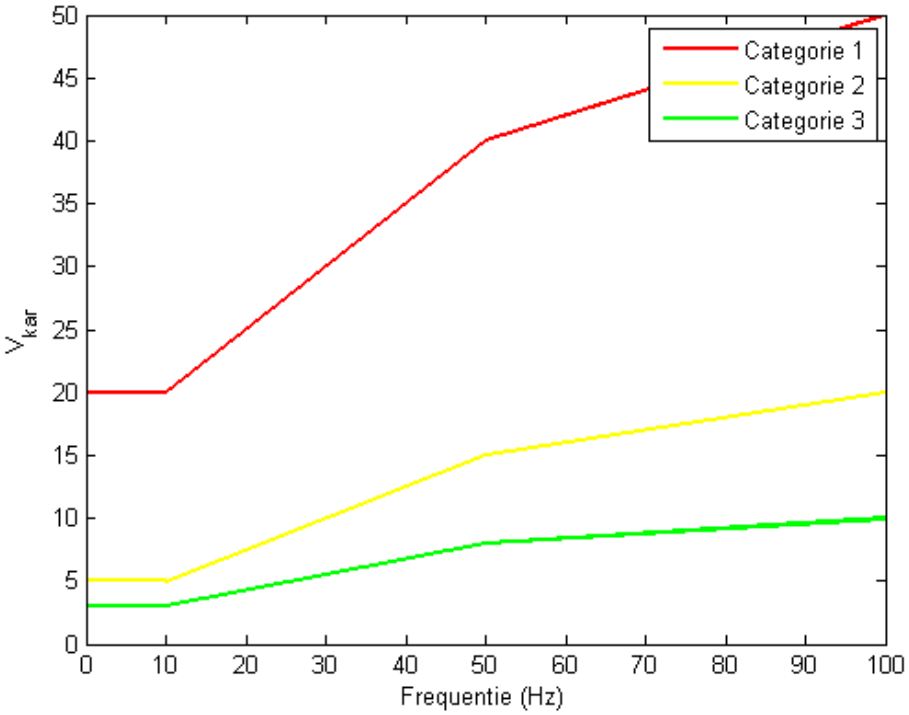
De sterkte van trillingen ten gevolge van treinverkeer zijn voor vrijwel alle gebouwen te gering om schade aan gebouwen te veroorzaken. Op afstanden groter dan 10 meter vanaf de spoorbaan is de trillingssnelheid, gemeten aan de fundering, zonder uitzondering kleiner dan 2 mm/s. Voor de meeste woningen (categorie 2 conform de SBR A-richtlijn) wordt een grenswaarde voor de trillingssnelheid van 5 mm/s aangehouden, voor monumentale panden (zoals Valkenbergweg 2, categorie 3 conform de SBR A-richtlijn) geldt een strengere grenswaarde van 3 mm/s. Onder deze grens is de kans op schade kleiner dan 1 procent. Uit de metingen blijkt dat dergelijke trillingssterktes niet optreden, schade ten gevolge van treinverkeer in de exploitatiefase is daarmee zeer onwaarschijnlijk.

II.3.3 Algemeen

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. schade volgens SBR A-richtlijn worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria:

1. Type bouwwerk. Er worden drie verschillende typen van bouwwerken onderscheiden:
    a. Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van een draagconstructie indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout en draagconstructies van bouwwerken die geen gebouw zijn en bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke;
    b. Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk; in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen;
    c. Categorie 3: onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of onderdelen daarvan.

    De grenswaarden per categorie zijn weergegeven in Figuur II - 3.



Figuur II - 3 *Grenswaarden in SBR A-richtlijn*

2. Type trillingsbron. Er worden drie verschillende typen van trillingsbronnen onderscheiden, elk met een eigen veiligheidsfactor:
    a. Bronnen die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken ten gevolge van een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat er geen rekening behoeft te worden gehouden met vermoeiingseffecten van constructiematerialen.

Voorbeelden van dit type trillingen zijn explosies en botsingen. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.0;

b. Bronnen die herhaalde kortdurende belastingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden bronnen verstaan die zodanig vaak voorkomen dat met vermoeiingseffecten in materialen rekening moet worden gehouden. Een voorbeeld van dit type trillingen is heiwerkzaamheden. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.5;

c. Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld. Resonanties en / of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een gebouw kunnen optreden. Voorbeelden van dit type trillingen zijn machines met roterende onderdelen, vibratoren, verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen en het inbrengen van damwanden d.m.v. trilblokken. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 2.5.

In dit onderzoek wordt schade gerelateerd aan de bouw van kunstwerken. Het gaat dan om bouw- en sloopwerkzaamheden waarbij heipalen worden aangebracht en damwanden worden ingetrild. Deze trillingsbronnen vallen onder categorie 2. De bijbehorende veiligheidsfactor is 1.5. De grenswaarden dienen door deze veiligheidsfactor te worden gedeeld.

3. Type meting. Afhankelijk van hoeveelheid meetpunten, is opnieuw een driedeling gemaakt:

a. Indicatieve meting. Bij een indicatieve meting wordt slechts op één meetpunt in drie richtingen gemeten. Dit meetpunt wordt gemonteerd op een stijf punt aan de fundering. De gekozen horizontale richtingen worden zoveel mogelijk gekozen overeen komend met de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.6;

b. Beperkte meting. Bij een beperkte meting wordt ten minste in één meetpunt op het begane grondniveau en ten minste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten. De veiligheidsfactor is 1.4;

c. Uitgebreide meting. Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting. (een uitgebreide beschrijving is in de SBR trillingsrichtlijn deel A gegeven). De veiligheidsfactor is 1.0;

In dit onderzoek wordt nog geen gebruik gemaakt van meetpunten, daarom wordt de hoogste veiligheidsfactor (1.6, indicatieve meting) gehanteerd.

II.3.4 Toetsing

Na de grenswaarden voor een bepaald gebouw gedeeld te hebben door de partiële veiligheidsfactor behorend bij het type trillingsbron, kan de met behulp van berekeningen bepaalde trillingssnelheid ten gevolge van werkzaamheden getoetst worden aan de grenswaarde. Daar bovenop wordt een veiligheidsfactor gehanteerd.

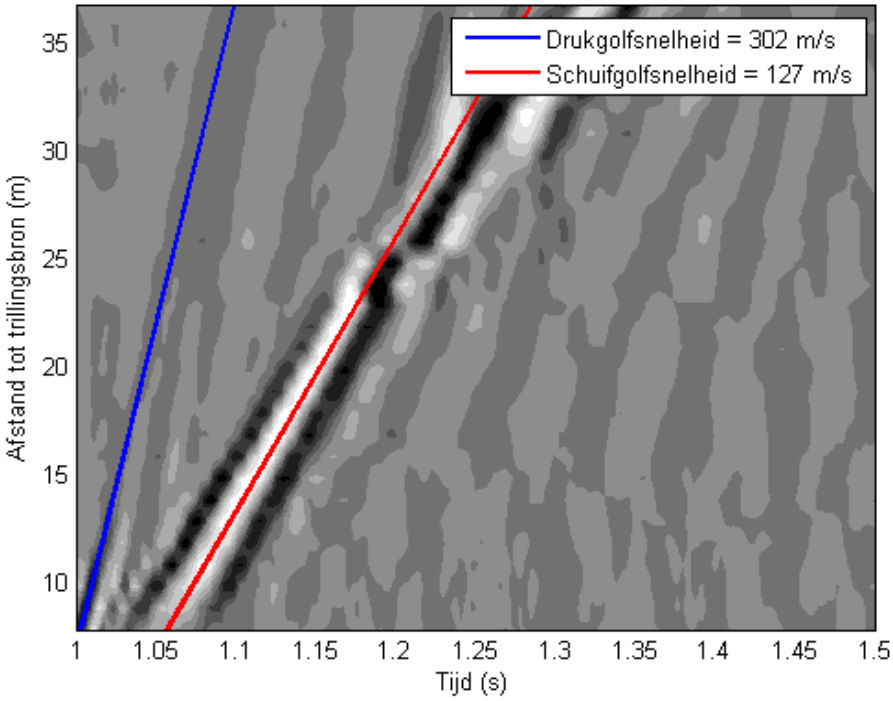
In dit onderzoek wordt aangegeven voor hoeveel gebouwen een overschrijding van de SBR A-richtlijn wordt geprognosticeerd. Deze toetsing vindt alleen plaats in de nabijheid van hei- en trilwerkzaamheden.

Bijlage III Resultaten bodemonderzoek en maaiveldmetingen

Voor de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd aan de bodemopbouw en treinpassages. De bodemopbouw is bepaald met behulp van valproefmetingen.

III.1 Valproeven

Bij de valproeven is er gebruik gemaakt van een kunstmatige gecontroleerde bron die de bodem in trilling brengt. Trillingssensoren registreren de resulterende bodemtrillingen. Door de trillingssensoren in een rij op de bodem te plaatsen, kunnen de loopsnelheden van de verschillende typen trillingsgolven (drukgolf en schuifgolf) bepaald worden. De schuifgolf is de dominante trillingsgolf. Een voorbeeld hiervan staat in Figuur III - 1. In deze figuur zijn de geregistreerde trillingen in de tijd uitgezet tegen de afstand tot de trillingsbron.



Figuur III - 1 *Voortplanting van trillingen in de bodem*

Als kunstmatige trillingsbron is gebruik gemaakt van valproefopstelling met een valgewicht van 60 kg, zie Figuur III - 2. Het valgewicht valt van een hoogte van ongeveer 2 m op de bodem en genereert daarmee een trilling.

Figuur III - 2 *Opstelling valgewicht (links) en de positie van de trillingssensor (rechts)*

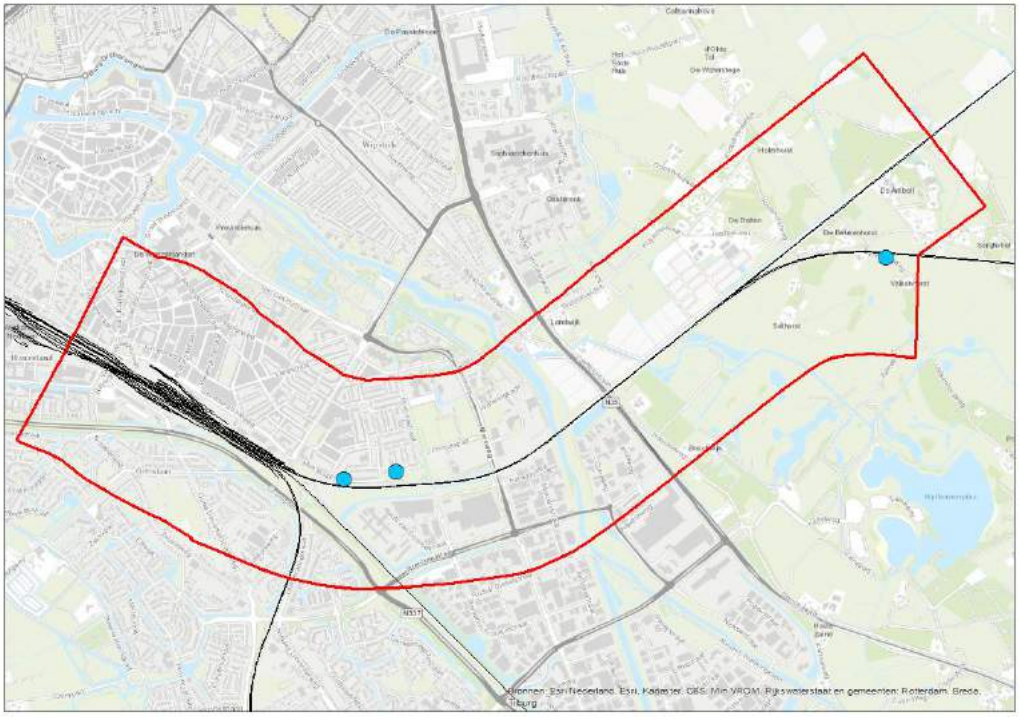
Door de afstand tussen trillingsbron en trillingsopnemers te variëren kan op elke willekeurige afstand tot de trillingsbron de trillingssterkte worden gemeten als functie van de tijd. Door per positie een aantal trillingssignalen te middelen neemt de invloed van de achtergrondtrillingen (ruis) af.

Door de trillingssignalen als functie van de tijd te transformeren naar het frequentie-domein (Fourier-transformatie) kan voor elke afstand tot de trillingsbron een tertsbandspectrum worden gegenereerd. Vervolgens kan met behulp van de zogenaamde Barkanvergelijking de trillingssterkte op een willekeurige afstand tot het spoor worden bepaald. De gebruikte Barkanvergelijking luidt:

$$V(r, f) = V(r_0, f)\frac{r_0}{r}^{n(f)} e^{-\alpha(f)(r-r_0)}$$

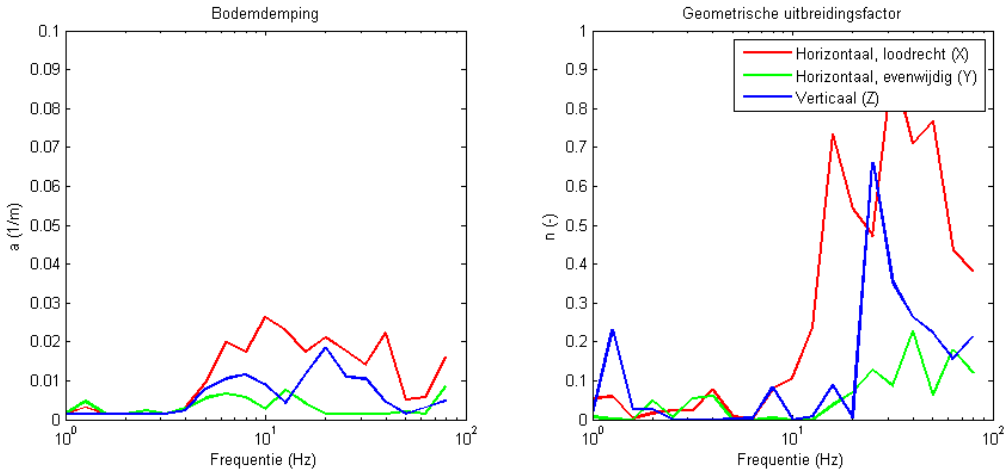
Hierin is $V(r,f)$ de trillingssterkte op een willekeurige afstand r tot de trillingsbron, r_0 een referentieafstand, n een frequentieafhankelijke factor die de geometrische uitbreiding van de trillingen beschrijft en α een frequentieafhankelijke factor die de bodemdemping beschrijft. Met behulp van de kleinste-kwadratenmethode is deze relatie voor elke frequentie in het tertsbandspectrum te bepalen.

De valproeven voor het project *Zwolle-Herfte* zijn uitgevoerd op in totaal 3 locaties, verdeeld langs het tracé, zie Figuur III - 3.

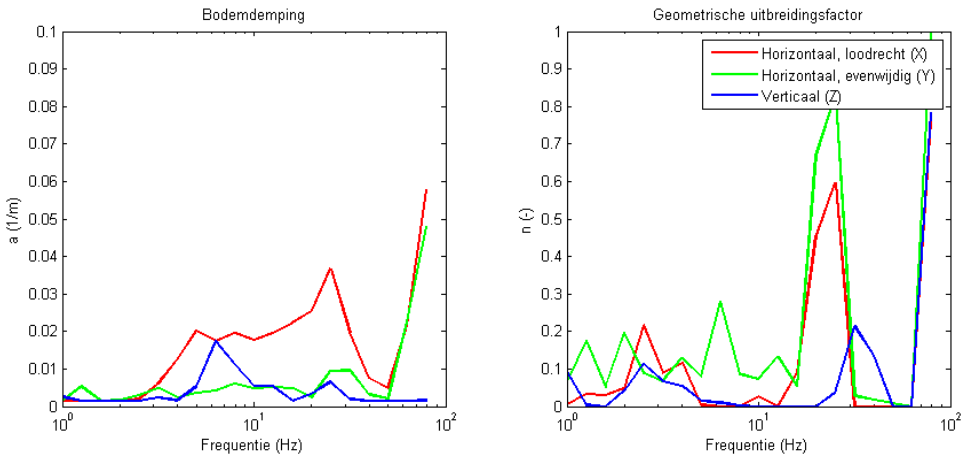


Figuur III - 3 *Locaties voor valproeven en maaiveldmetingen*

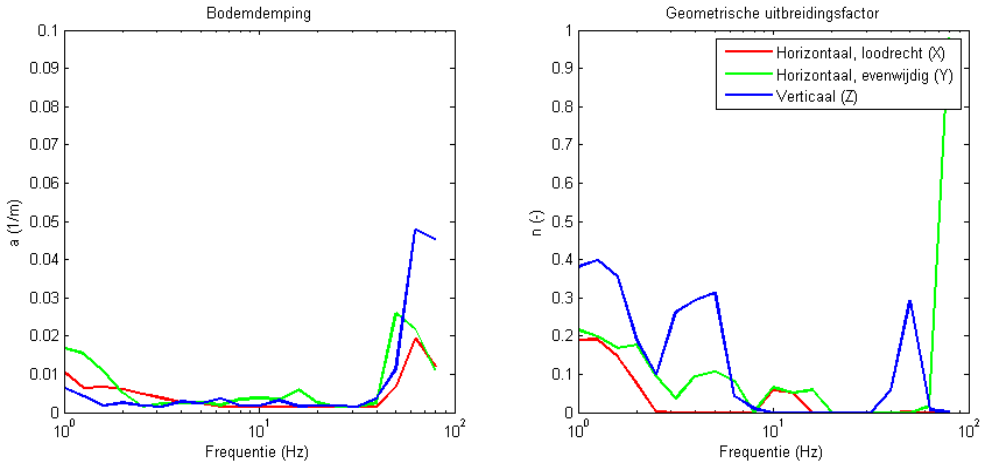
Op alle 3 locaties zijn valproeven uitgevoerd, op een deel van de locaties zijn ook maaiveldmetingen verricht. De beelden van de valproeven (dempingsparameter en geometrische uitbreidingsfactor) zijn per locatie weergegeven in Figuur III - 4 tot en met Figuur III - 6.



Figuur III - 4 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Mimosastraat west.*



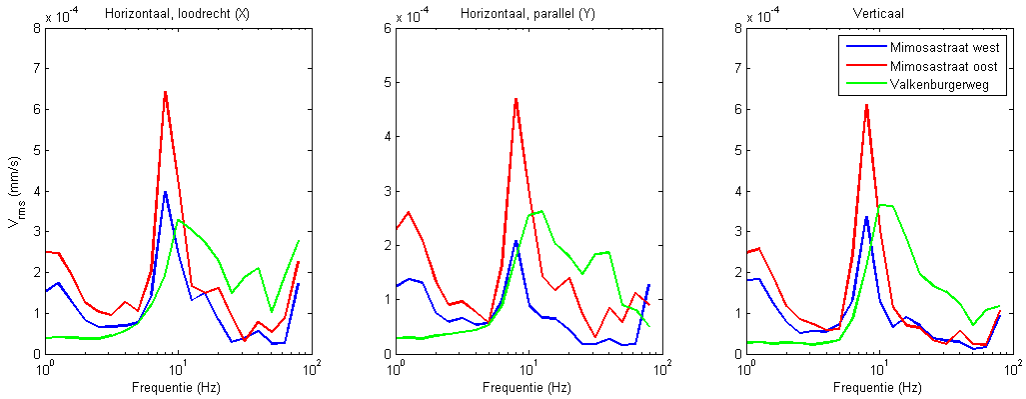
Figuur III – 5 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Mimosastraat oost*



Figuur III – 6 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Valkenbergweg*

III.2 Maaiveldmetingen

Naast de valproefmetingen zijn ook maaiveldmetingen uitgevoerd aan passerende treinen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een aantal sensoren op verschillende afstanden tot de sporen. Door per treinpassage het tertsbandspectrum van de trillingen te registreren, is per locatie een gemiddeld tertsbandspectrum vastgesteld. Deze gemeten trillingssignalen zijn weergegeven in Figuur II - 7.

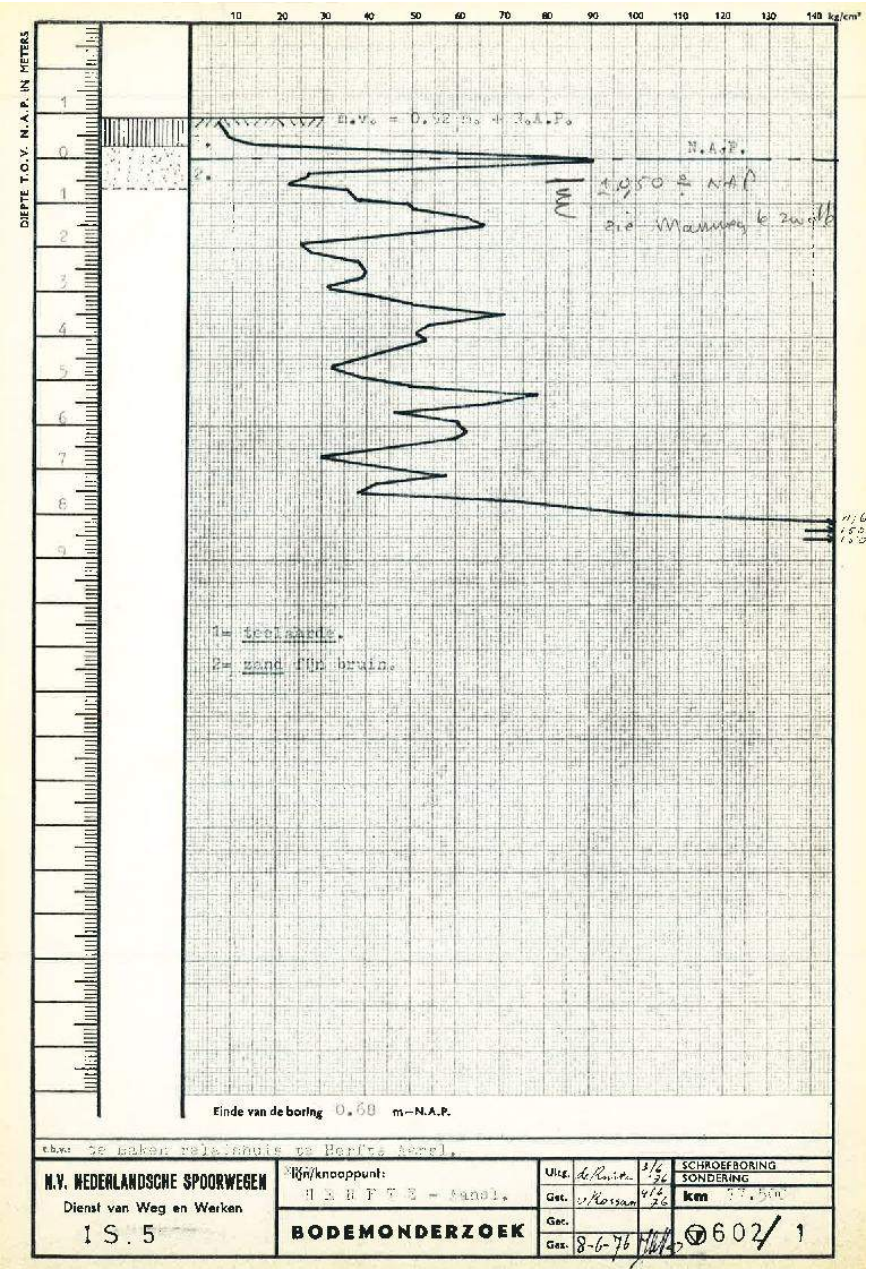


Figuur III - 7 *Voor snelheid genormaliseerde tertsbandspectra voor treintype GTW*

Bij de Valkenbergweg is te zien dat het spectrum iets naar rechts is verschoven, dit komt door de hogere rijsnelheid op die locatie. De piek rond 10 Hz bij de Mimosastraat oost komt waarschijnlijk doordat daar lokaal sprake is van een iets slechtere spoorligging.

III.3 Gebruikte sondering

In dit onderzoek is, onder meer voor het opstellen van de 3D eindige elementenmodellen van de maatregelen voor de Herfterlaan, gebruik gemaakt van sonderingen. De gebruikte sondering is LC602, zie Figuur III - 4. De bijbehorende grondparameters zijn weergegeven in Tabel III - 1.



Figuur III - 4 *Gebruikte sondering LC602*

Tabel III - 1 *Gebruikte grondparameters voor 3D-modellen Herfterlaan*

Grondsoort	diepte [m] van	diepte [m] tot	q_c [MPa]	f_s [MPa]	f_w [%]	G_{dyn} [MPa]	r [kg/m^3]	ν [-]	C_{schuif} [m/s]	ζ [%]
zand, kleiig	1.0	0.3	0.8	1.0	7	1700	0.4	0.4	64	3
zand	0.3	-0.3	5.8	0.5	50	1700	0.4	0.4	171	3
zand, kleiig	-0.3	-0.8	2.7	1.0	23	1900	0.45	0.45	111	3
zand	-0.8	-1.7	5.2	0.5	45	1900	0.45	0.45	153	3
zand, kleiig	-1.7	-2	3.3	1.0	28	1900	0.45	0.45	122	3
zand, kleiig	-2	-3	3.3	1.0	28	1900	0.45	0.45	122	3
zand	-3	-4.2	5.3	0.5	46	1900	0.45	0.45	155	3

zand	-4.2	-5	3.7	0.5	32	1900	0.45	0.45	129	3
zand	-5	-5.7	6.2	0.5	53	1900	0.45	0.45	168	3
zand	-5.7	-6.4	5.7	0.5	49	1900	0.45	0.45	161	3
zand	-6.4	-7	3.6	0.5	31	1900	0.45	0.45	128	3
zand	-7	-7.3	5.2	0.5	45	1900	0.45	0.45	153	3
zand	-7.3	-8	4.5	0.5	39	1900	0.45	0.45	143	3
zand	-8	-10	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3
zand	-10	-12	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3
zand	-12	-15	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3

Bijlage IV Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Ten behoeve van de derde stap van het trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd op een aantal locaties. Deze metingen zijn onbemand uitgevoerd met behulp van een meetcomputer die continu (gedurende minimaal een week) de trillingssignalen meet. Aan deze meetcomputer is een webcam gekoppeld die de treinen registreert. Om een dataset met trillingen van treinverkeer te genereren wordt de volgende procedure doorlopen om te garanderen dat alle door treinen veroorzaakte trillingen in beschouwing worden genomen en dat niet-spoorgerelateerde trillingen buiten beschouwing worden gelaten:

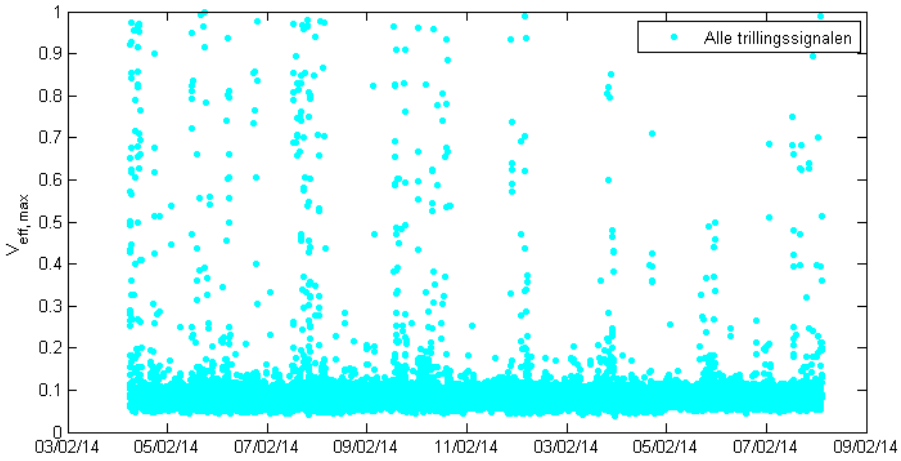
1. Stap 1: met behulp van gegevens over de passagetijden[22] en videobeelden zijn de treinen gemarkeerd. De lijst met passagetijden is gebruikt om te verifiëren dat alle passerende treinen (ook in de nacht) daadwerkelijk zijn gemarkeerd: het aantal treinen in de database komt overeen met het aantal gemarkeerde treinen.
2. Stap 2: bij de meting wordt gebruik gemaakt van meerdere sensoren. Met behulp van spectraalanalyse[23] worden de trillingssignalen van beide sensoren op elkaar gedeeld. Hierdoor kunnen lokale fenomenen (bijvoorbeeld voetstappen in de ene ruimte) worden uitgefilterd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de videobeelden om te verifiëren of de uitgefilterde signalen daadwerkelijk vervuild zijn met voetstappen;
3. Stap 3: met behulp van spectraalanalyse worden afwijkende trillingssignalen nader geanalyseerd. Signalen met een sterk afwijkend frequentiespectrum zijn vaak vervuild met werkzaamheden buiten of passerend vrachtverkeer. Omdat deze trillingen niet te wijten zijn aan passerende treinen, worden deze trillingen apart gemarkeerd als zijnde achtergrondtrillingen;
4. Stap 4: de hoogste waarden uit de dataset worden nogmaals gecontroleerd of het niet-vervuilde treinsignalen zijn of niet. Elke trein wordt gemarkeerd met de bijbehorende spoorafstand. Alle niet spoorgerelateerde trillingsbronnen worden apart gemarkeerd. In de datasets in het meetrapport zijn deze trillingsbronnen eveneens weergegeven.

Deze stappen worden met behulp van een voorbeeldsituatie nader toegelicht in deze bijlage.

VI.1 Verwerking van ruwe meetdata

Na het uitvoeren van de meting wordt de ruwe data geconverteerd naar $V_{eff,max}$-waarden per 30 seconden, conform de procedure in de SBR B-richtlijn. Per meetlocatie is deze bewerkte meetdata eventueel opvraagbaar. Een voorbeeld van een dergelijk resultaat is weergegeven in Figuur IV - 1. Elk punt stelt een 30-secondeperiode voor. In de resultaten is duidelijk zichtbaar dat er periodieke verstoringen optreden, die met een dag-nacht ritme terugkeren.

[22] Deze passagetijden zijn opgevraagd bij ProRail
[23] Spectraalanalyse is het onderzoeken van het frequentiespectrum van een trillingssignaal. Hierbij wordt naar de verschillende frequenties gekeken.



Figuur IV - 1 *Meetdata, $V_{eff, max}$ per 30 seconden*

VI.2 Stap 1 – Toekennen van treinpassages aan 30-seconde periodes

In de eerste stap van de verwerkingsprocedure wordt gekeken of binnen een bepaalde 30-secondeperiode een trein passeert, en zo ja, om welk type trein het gaat en over welk spoor deze trein rijdt. Deze eerste selectie vindt bij voorkeur plaats met behulp van gegevens over de passagetijden van alle treinen, en wordt eventueel geverifieerd met behulp van de videobeelden. Door deze dubbele procedure wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen worden meegenomen in de analyse.

Een voorbeeld wordt hieronder toegelicht.

Voorbeeldsituatie

De gegevens per treinpassage geven voor verschillende zogenaamde 'dienstregelpunten' de passagetijd van elke gepasseerde trein aan. Per passage en per dienstregelpunt zijn het unieke treinnummer, de vervoerder, het treintype, de rijrichting en het type trein opgenomen. Met deze gegevens kan een inschatting worden gegeven van de passagetijd van elke trein op de meetlocatie.

In deze voorbeeldsituatie zijn er passagegegevens van een trein met treinnummer 104 van vervoerder NSR (NS Reizigers) op de passagepunten *Ut* en *Utoa*, zie Figuur IV - 2. De locaties van deze passagepunten zijn bekend, de meetlocatie ligt ongeveer halverwege tussen deze punten in. Verder is de richting van de trein en het type trein (*IC*) aangegeven. Op basis van de passagetijden en de locatie is de verwachting dat deze trein tussen 12:42:30 en 12:43:15 passeert.

ProRail

PAB Detailtreinactiviteiten

							Plantijd	Rijkarakteristiek
Dag	Vervoerder	Treinnummer	Rijrichting	Rijvolgorde	Dienstregelpunt	Activiteit	Uitvoering	Uitvoering
24-02-2014	NSR	104	VB	540	Ut	V	21-jul-2013 12:42:00	IC
24-02-2014	NSR	104	VB	550	Utoa	D	21-jul-2013 12:43:58	IC
24-02-2014	NSR	105	NB	180	Utoa	D	21-jul-2013 12:44:26	ICE
24-02-2014	NSR	105	NB	190	Ut	A	21-jul-2013 12:46:43	ICE

Figuur IV - 2 *Voorbeeldgegevens treinpassages*

Elk type trein heeft verder een karakteristiek trillingsspectrum. Voor de verschillende 30-secondeperiodes waarin de treinpassage kan hebben plaatsgevonden, wordt het karakteristieke trillingsspectrum van de passerende trein vergeleken met het trillingsspectrum van die 30-secondeperiode. Middels een gewogen[24] kleinste kwadratenmethode[25] wordt bepaald welke periode van 30 seconden het best passend is, deze periode wordt gemarkeerd als zijnde de treinpassage.

Op een deel van de locaties vindt aanvullend geautomatiseerde verificatie plaats op basis van beeldverwerking van de videobeelden, zie Figuur IV - 3.Hierbij worden opeenvolgende videobeelden geautomatiseerd met elkaar vergeleken om te bepalen of er een trein passeert, en zo ja, in welke richting en met welke rijsnelheid.

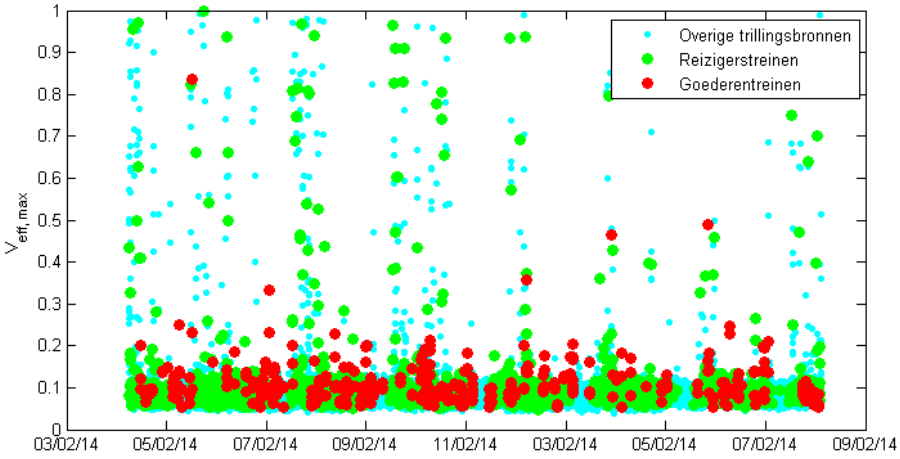
Figuur IV - 3 *Videobeelden en triilingssignalen*

Op deze manier wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen ook daadwerkelijk worden gemarkeerd als zijnde een trein.

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 4. De blauwe stippen zijn geen treinen, de overige als trein gemarkeerde stippen zijn mogelijk treinen maar

[24] Gewogen voor trillingssterkte, zodat sterkere trillingssignalen zwaarder worden meegenomen dan minder sterke trillingssignalen
[25] Kleinste kwadratenmethode is een rekenmethode om een verdeling punten te vergelijken met bijvoorbeeld een berekende waarde. De methode geeft aan welke punten het dichtst bij de berekende waarde liggen.

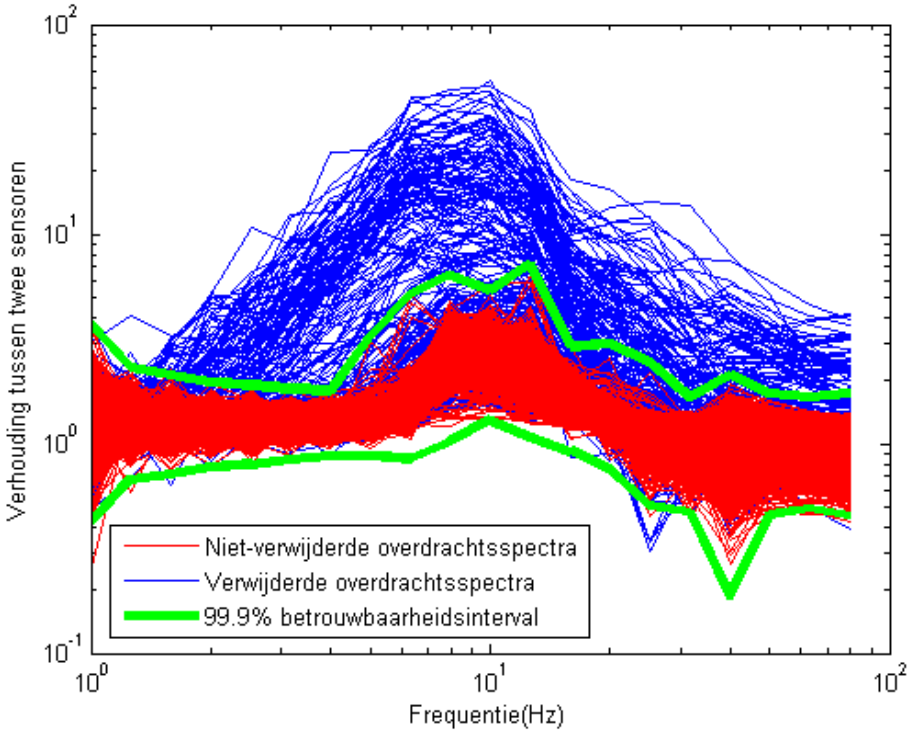
kunnen ook vervuild zijn. In vervolgstappen worden deze vervuilde signalen verwijderd.



Figuur IV - 4 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages*

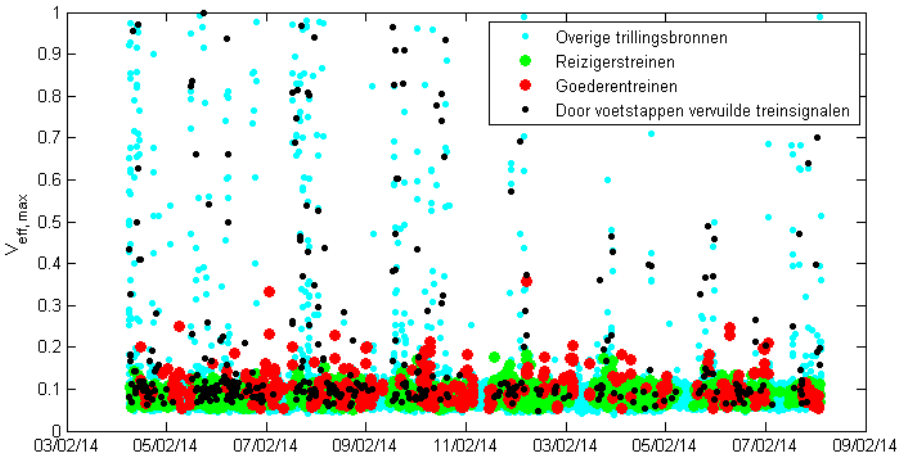
VI.3 Stap 2 – Uitfilteren van interne verstoringen, zoals voetstappen

Omdat gebruik wordt gemaakt van meerdere sensoren, kunnen de trillingsspectra van de verschillende sensoren op elkaar worden gedeeld. Hierdoor worden lokaal optredende trillingen, zoals voetstappen, inzichtelijk gemaakt. Deze voetstappen vertonen immers alleen een uitslag op een van beide sensoren. Een voorbeeld van deze selectie op trillingsspectra is weergegeven in Figuur IV - 5. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in overdrachten en geverifieerd in de videobeelden.



Figuur IV - 5 *Spectraalanalyse in stap 2*

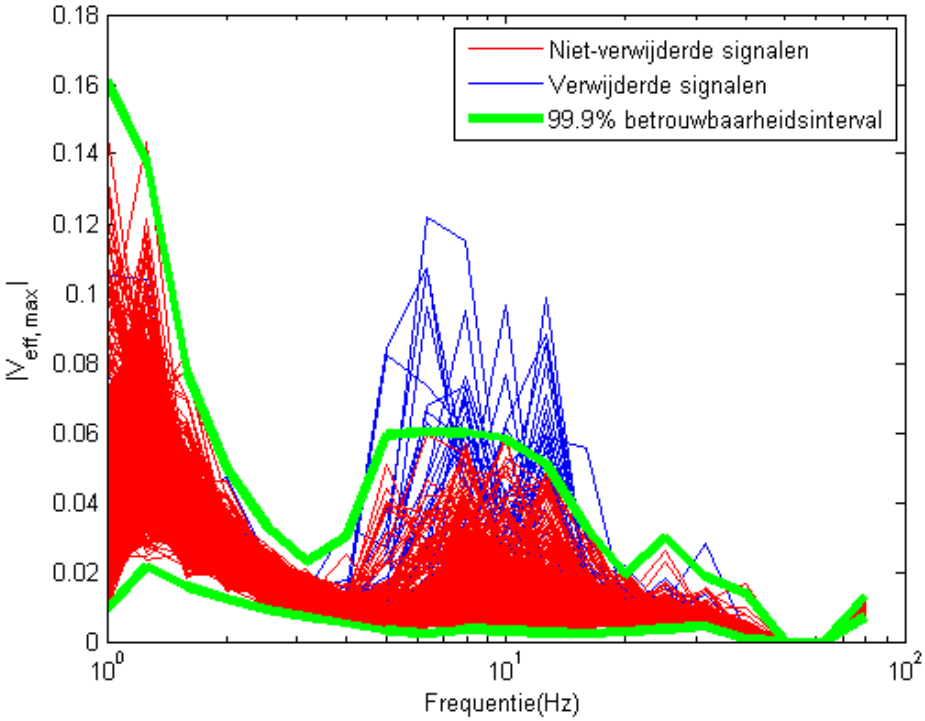
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 6.



Figuur IV - 6 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages en uitgefilterde lokale trillingsbronnen*

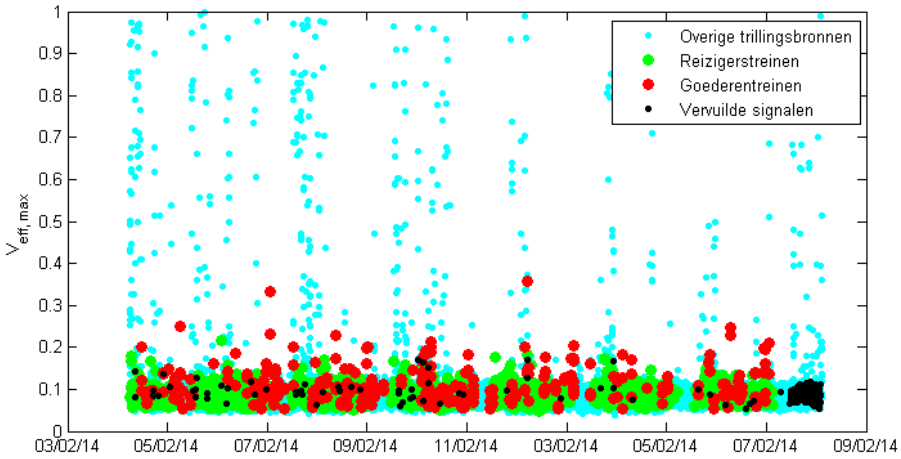
VI.4 Stap 3 – Uitfilteren van externe verstoringen

Conform het memo van Level Acoustics worden niet-spoor gerelateerde gebeurtenissen, zoals wegverkeer en bouwwerkzaamheden, verwijderd uit de dataset. In het geval van externe verstoringen, zoals de passage van vrachtauto's of het gelijktijdig uitvoeren van werkzaamheden buiten het gebouw, kunnen deze verstoringen worden uitgefilterd met behulp van spectraalanalyse. Deze spectraalanalyse vindt per treintype plaats, zodat duidelijk zichtbaar wordt welke 30-secondeperiodes sterk afwijkende trillingsspectra hebben. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur IV - 7. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in signalen en geverifieerd met behulp van de videobeelden.



Figuur IV - 7 *Spectraalanalyse in stap 3*

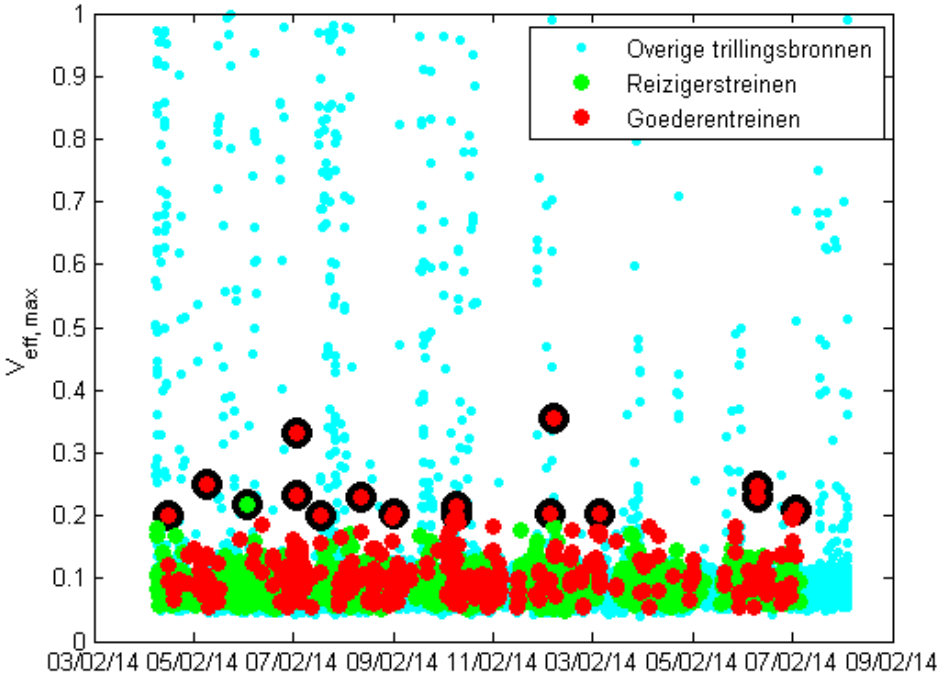
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 8.



Figuur IV - 8 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages en externe trillingsbronnen*

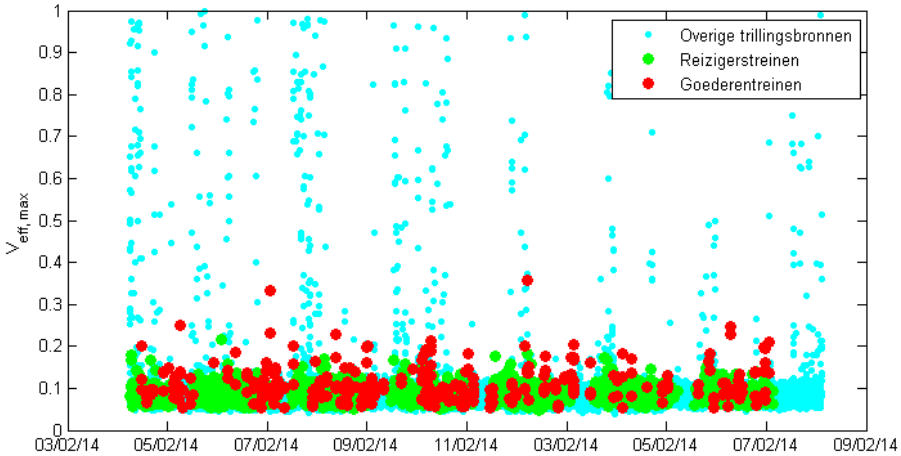
VI.5 Stap 4 – Controle van hoogste waarden

Als laatste controlestap worden alle hoge trillingssignalen nogmaals gecontroleerd op vervuiling door andere trillingsbronnen. Deze laatste controle vindt handmatig plaats in de meetsoftware. Hierbij worden de trillingssignalen en videobeelden beschouwd op afwijkingen en verstoringen. Een voorbeeldselectie van te controleren trillingssignalen (zwart omcirkelde meetpunten) voor dit voorbeeld is weergegeven in Figuur IV - 9.



Figuur IV - 9 *Te controleren treinsignalen in stap 4*

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 10. Dit is de uiteindelijke dataset waarover de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} worden bepaald.



Figuur IV - 10 *Schone dataset met treinpassages*

VI.6 Naverwerkingsprocedure

De naverwerkingsprocedure zoals die is toegepast in dit trillingsonderzoek is gebaseerd op optie 1 uit het memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics, waarbij gedurende minimaal 7 x 24 uur op diverse meetpunten in een gebouw is gemeten en de trillingen van alle meetrichtingen zijn vastgelegd. Vervolgens wordt de volgende naverwerkingsprocedure gestart:

1. Er wordt vastgesteld op grond van hoeveel meetdagen de verzameling $V_{eff,\ max,\ i}$ – waarden tot stand is gekomen. Deze parameter wordt *#meetdagen* genoemd;
2. Alle gebeurtenissen met een $V_{eff,max,i}$ groter dan 0.02 op de fundering worden geselecteerd. Indien geen funderingspunt is gekozen, dan wordt gekozen voor een meetpunt op de laagst beschikbare verdieping waarbij $V_{eff,max,i}$ groter dient te zijn dan 0.05;
3. Vervolgens wordt een iteratieve procedure gestart:
    a. Per meetpunt wordt een *top50%* bepaald;
    b. De grootte van deze *top50%* wordt vastgesteld, *#top50%*;
    c. Van de *top50%* wordt de natuurlijke logaritme genomen:

$$\log\left(V_{eff,\max,i}\right)$$

    d. Vervolgens wordt hierover het gemiddelde μ en de standaarddeviatie σ bepaald:

$$\mu = gemiddelde\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$
$$\sigma = standaardafwijking\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$

    e. De betrouwbaarheidscoefficient β wordt vastgesteld volgens de formule:

$$\beta = t^{-1}\left[1 - \frac{\left(\frac{\#meetdagen}{7}\right)}{\#top50\%}; \#top50\% - 1\right]$$

f. Vervolgens wordt $V_{max,\ Bts}$ per meetpunt en meetrichting bepaald volgens de formule:

$$V_{\max,Bts} = e^{\mu+\beta\cdot\sigma}$$

g. Een volgende iteratiestap wordt ingegaan wanneer

$$\#\left\{V_{eff,\max,i} > V_{\max,Bts}\right\} > \frac{\#meetdagen}{7} \quad \text{en} \quad \#top50\% > 15 \cdot \frac{\#meetdagen}{7}$$

Hierbij geeft het eerste criterium aan hoeveel gebeurtenissen er zijn waarvan de trillingssterkte hoger is dan $V_{max,\ Bts}$ van dat meetpunt en die meetrichting. Wanneer het aantal gebeurtenissen met een trillingssterkte groter dan $V_{max,\ Bts}$ groter is dan een keer per week, wordt voldaan aan de eerste eis om nogmaals te itereren.
Het tweede criterium geeft aan dat nogmaals geitereerd moet worden wanneer het aantal waarden in de bepaling van de $V_{max,\ Bts}$ groter is dan 15 per week. Wanneer een nieuwe iteratiestap nodig is, dan wordt deze uitgevoerd volgens bovenstaande stappen, waarbij de huidige top50 de basis vormt om een nieuwe top50 te bepalen.
De iteratiestappen worden net zo lang herhaald totdat niet langer aan het criterium wordt voldaan, of wanneer het aantal gebeurtenissen met een trillingssterkte die groter is dan $V_{max,\ Bts}$ toeneemt. In dat geval worden de resultaten uit de voorlaatste iteratiestap herhaald.

4. Vervolgens wordt de reproduceerbaarheid R per meetpunt en richting bepaald:

$$R = 100\% \cdot \sqrt{\frac{2\cdot\left(1+\beta^2\right)\cdot\sigma^2}{\#topX\%}}$$

5. De toetswaarde voor $V_{max,\ Bts}$ wordt als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} V_{\max,Bts} & \text{als } R \leq 10\% \\ V_{\max,Bts}\cdot\left(1+\frac{R}{100\%}\right) & \text{als } R > 10\% \end{array}$$

6. Te toename van $V_{max,\ Bts}$ is een verhouding tussen de plan- en referentiesituatie, de zogenaamde Q-waarde. Hiervoor wordt in de Bts een grenswaarde van 1.3 gehanteerd. Q wordt als volgt bepaald:

$$Q = \frac{V_{\max,Bts,plansituate}}{V_{\max,Bts,referentiesituatie}}$$

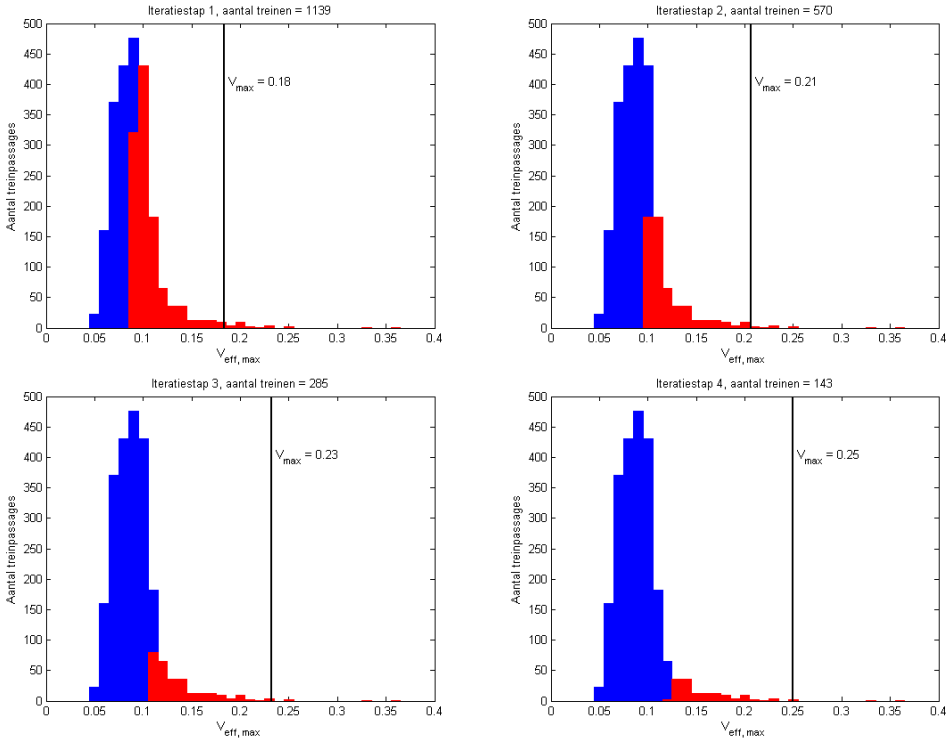
Hierbij wordt de $V_{max,\ Bts}$ zonder eventuele correctiefactor gebruikt. De onzekerheid in de toename Q wordt bepaald volgens de formule:

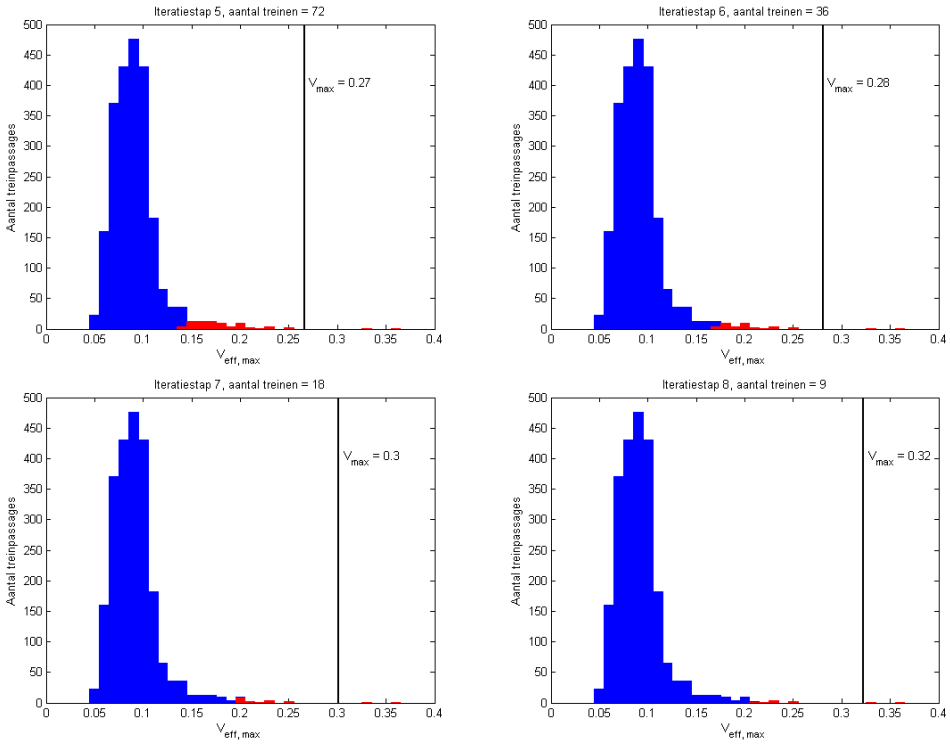
$$R_Q = \sqrt{R^2_{referentiesituatie} + R^2_{plansituate}}$$

De waarde van Q wordt dan als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} Q & \text{als } R_Q \leq 14\% \\ Q \cdot \left(1 + \dfrac{R}{100\%}\right) & \text{als } R_Q > 14\% \end{array}$$

Deze naverwerkingsprocedure leidt in de voorbeeldsituatie tot het volgende iteratieschema, zie de histogrammen in Figuur IV - 11 per iteratiestap. In blauw zijn alle treinen weergegeven, in rood de in de bepaling van $V_{max,Bts}$ meegenomen treinen. De resultaten per iteratiestap zijn opgenomen in Tabel IV - 1.





Figuur IV - 11 *Resultaten voor de acht iteratiestappen*

Tabel IV - 1 *Resultaten van de acht iteratiestappen*

Iteratiestap	$V_{max, Bts}$	R	topX%	#topX%	σ	μ	β
1	0.18	2.44	50	1139	0.177	-2.25	3.14
2	0.21	3.51	25.0	570	0.191	-2.14	2.93
3	0.23	4.94	12.5	285	0.203	-2.02	2.72
4	0.25	6.09	6.28	143	0.192	-1.87	2.49
5	0.27	7.31	3.16	72	0.178	-1.73	2.25
6	0.28	8.62	1.58	36	0.165	-1.60	1.99
7	0.30	11.2	0.79	18	0.171	-1.49	1.67
8	0.32	14.5	0.40	9	0.185	-1.38	1.33

Bijlage V Resultaten onderzoek naar trillingshinder

Deze bijlage bevat een overzicht en schets van de meetopstelling, de resultaten van de metingen en de berekening voor de referentie- en plansituatie voor alle meetlocaties.

V.1 Herfterlaan 17

De meetlocatie Herfterlaan 17 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V- 1.

Figuur V- 1 *Gevel Herfterlaan 17*

In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 12) en twee meetpunten zijn berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensoren 20, 25):

1. Een driedimensionale trillingssensor (12) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (20) op de 1e verdieping op tapijten vloer (100_20 is de berekende sensorwaarde);
3. Een driedimensionale trillingssensor (25) op de 1^{e} verdieping op tapijten vloer (100_25 is de berekende sensorwaarde).

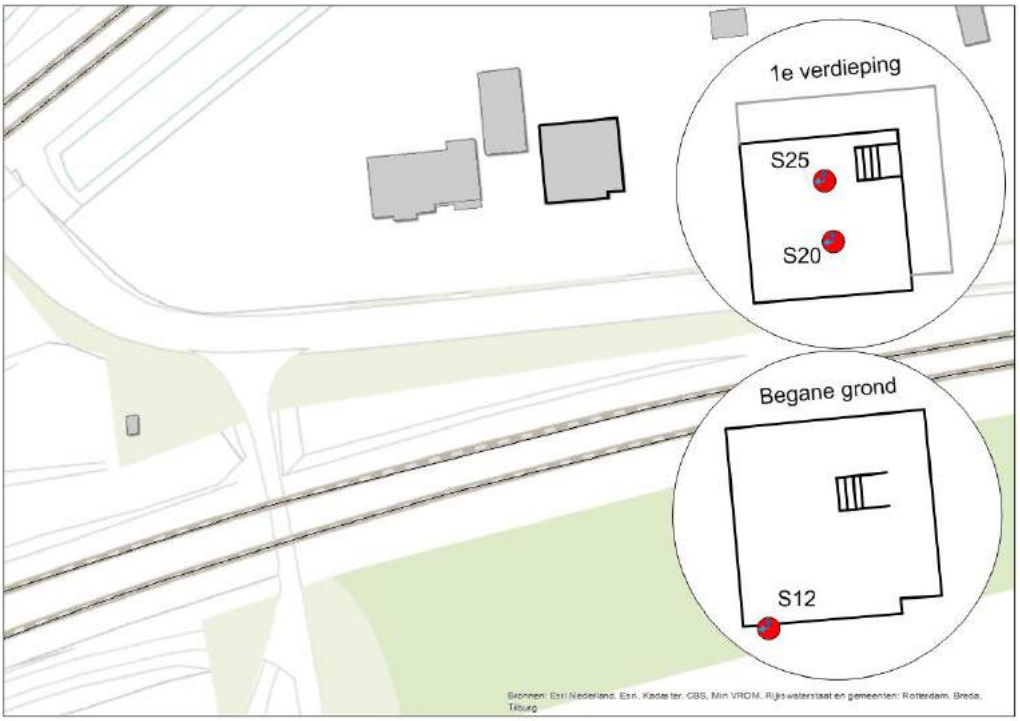
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 1.

Tabel V - 1 *Gegevens meting Herfterlaan 17*

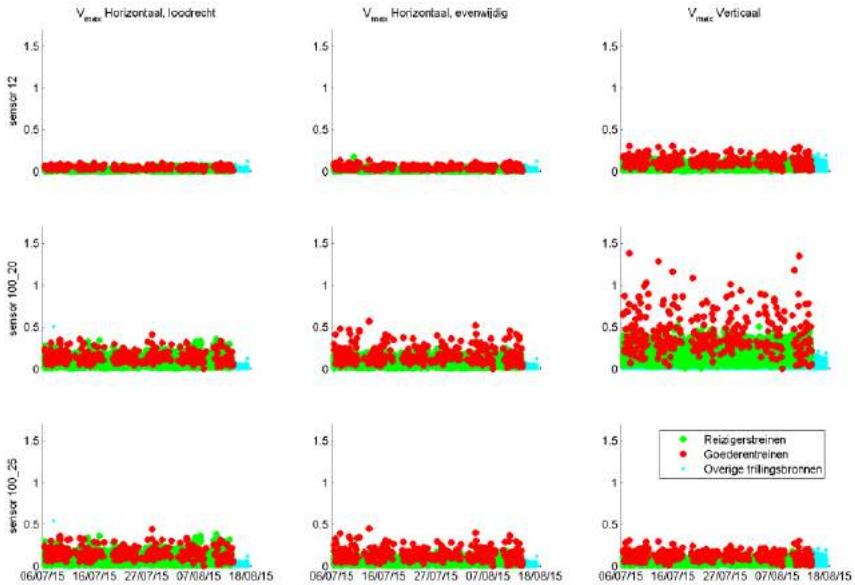
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 13:47 tot 17 augustus 2015 10:26*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit*

		metselwerk
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 2*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 2*
9	Gebruikte meetopnemers	*Drie 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-101 meetcomputer met 6 aangesloten kanalen en webcam*
		D03-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 3*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 2, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 3.



Figuur V - 2 *Opstelling sensoren bij Herfterlaan 17*



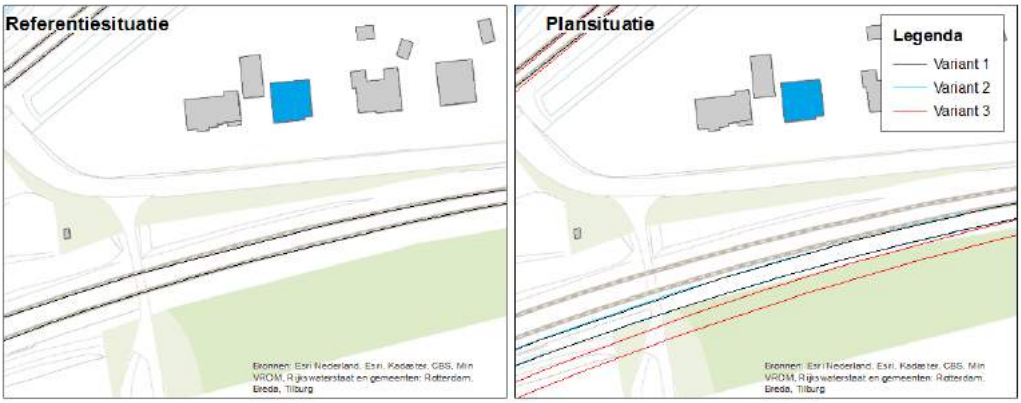
Figuur V – 3 *Meetresultaten Herfterlaan 17*

V.1.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie zijn:

1. Wijziging van de sporenlay-out;
2. Wijziging van de rijsnelheid van de treinen;

De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur V - 4.



Figuur V - 4 *Meetlocatie Herfterlaan 17 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

V.1.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V-2. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 2 *Resultaten referentiesituatie*

	12, fundering			20, boven tapijt			25, boven hout		
	H1	H2	V	H1	H2	V	H1	H2	V
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.03	0.08	0.03	0.02	0.01
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.03	0.09	0.03	0.02	0.02
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01
V_{max}	0.09	0.11	0.25	0.33	0.43	1.02	0.35	0.33	0.25
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	76	76	76	76	76	76	76	76	76
μ	-2.64	-2.56	-1.62	-1.30	-1.18	-0.28	-1.26	-1.42	-1.63
σ	0.13	0.23	0.17	0.14	0.24	0.21	0.14	0.22	0.17
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	4	6	5	4	7	6	4	6	5

Op deze locatie zijn 9755 reizigers- en 316 goederentreinen gemeten.

V.1.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V – 3. De resultaten van de berekeningen zijn getoetst aan de grenswaarden. Overschrijdingen van de grenswaarden zijn oranje gearceerd.

Tabel V – 3 *Resultaten berekening plansituatie*

	12, fundering			100_20, boven tapijt			100_25, boven hout		
	H1	H2	V	H1	H2	V	H1	H2	V
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.04	0.12	0.04	0.03	0.02
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.04	0.04	0.11	0.04	0.03	0.02
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.03	0.07	0.03	0.02	0.02
V_{max}	0.09	0.11	0.26	0.35	0.43	1.02	0.37	0.33	0.25
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	78	78	78	78	78	78	78	78	78
μ	-2.60	-2.52	-1.58	-1.27	-1.16	-0.24	-1.22	-1.38	-1.59
σ	0.13	0.20	0.15	0.15	0.22	0.18	0.15	0.19	0.14
β	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
R	4	6	4	4	6	5	4	5	4
$\boldsymbol{V_{per,\ grenswaarde}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

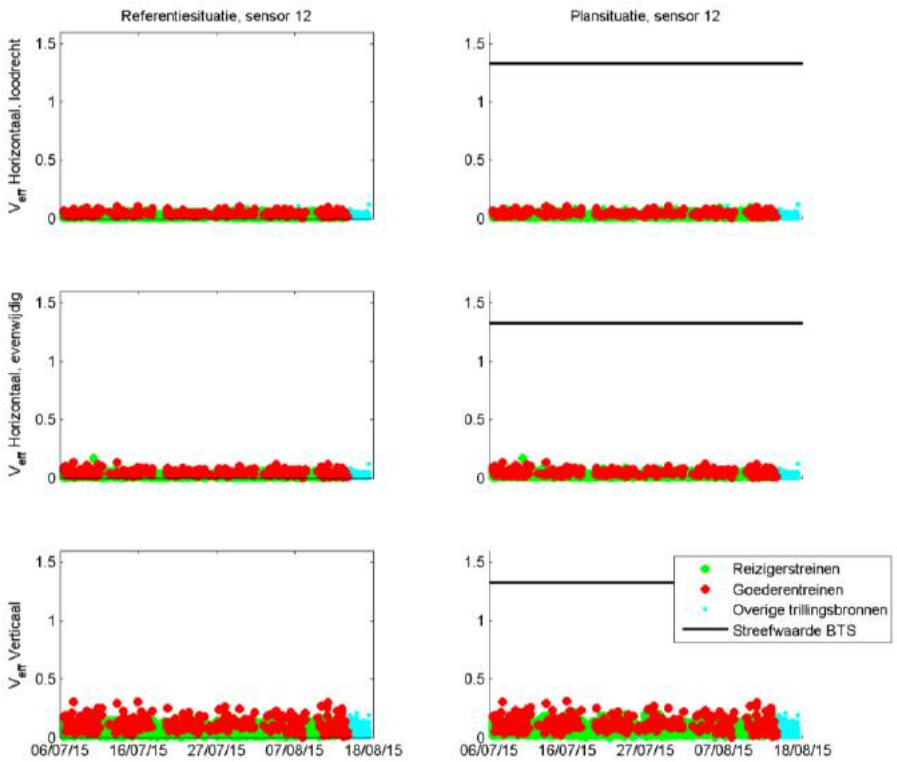
De *Q*-waarde bedraagt 1.00. De trillingsterkte neemt niet toe. Er is echter wel een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} op de verdiepingsvloer.

V.1.4 Conclusies

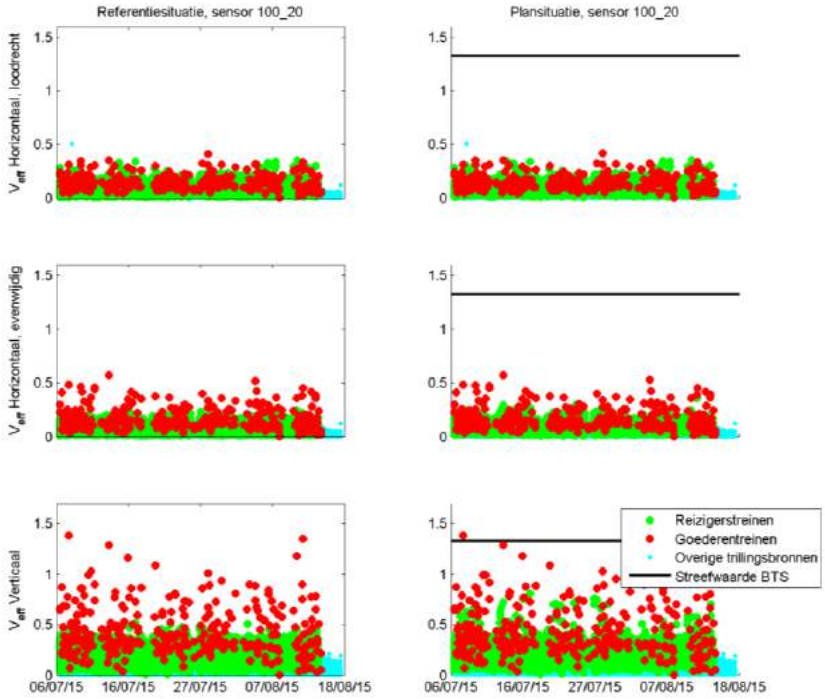
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie hoger dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

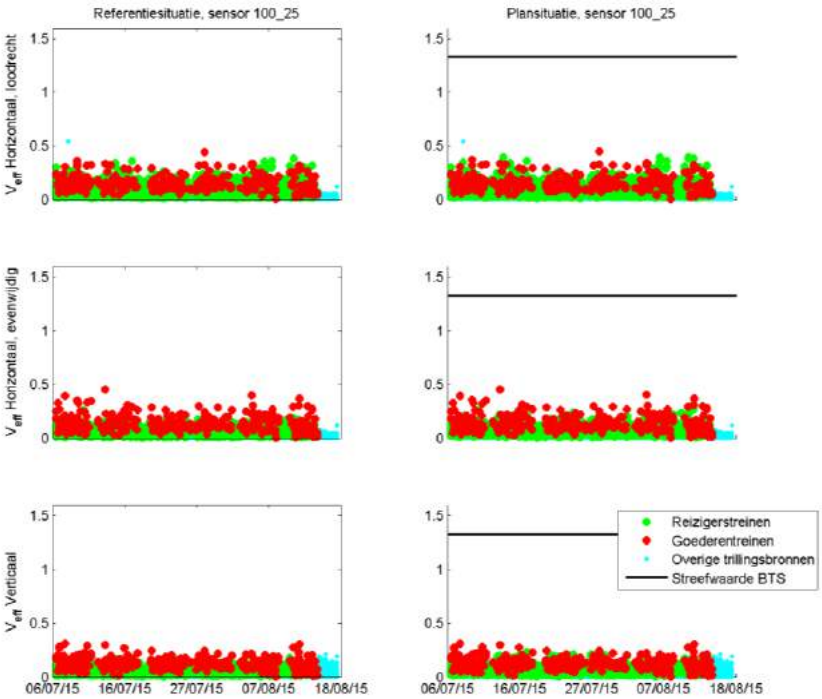
In Figuur V – 5 tot en met Figuur V - 7 worden de referentie- (links) en plansituaties (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur V - 5 *Resultaten sensor 12*



Figuur V - 6 *Resultaten sensor 100_20*



Figuur V - 7 *Resultaten sensor 100_25*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is

op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}, en een grote kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

V.2 Herfterlaan 27

De meetlocatie Herfterlaan 27 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V – 8.

Figuur V - 8 *Gevel Herfterlaan 27*

In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 24) en één meetpunt is berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensor 15) , zie ook Figuur V - 10 voor een schets van de meetopstelling:

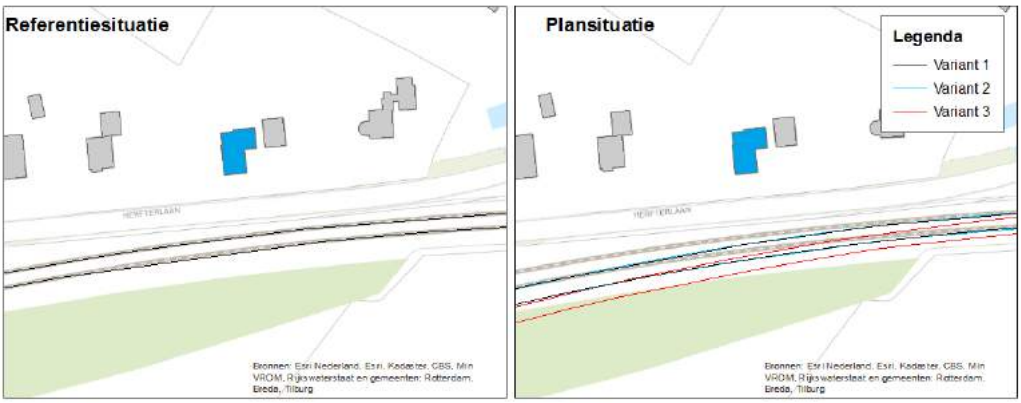
1. Een driedimensionale trillingssensor (24) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (15) op de 1e verdieping op vloerbedekking (100_15 is de berekende sensorwaarde).

V.2.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie zijn:

1. Wijziging van de sporenlay
2. Gewijzigde rijsnelheid van een deel van de treinen.

De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur V – 9.



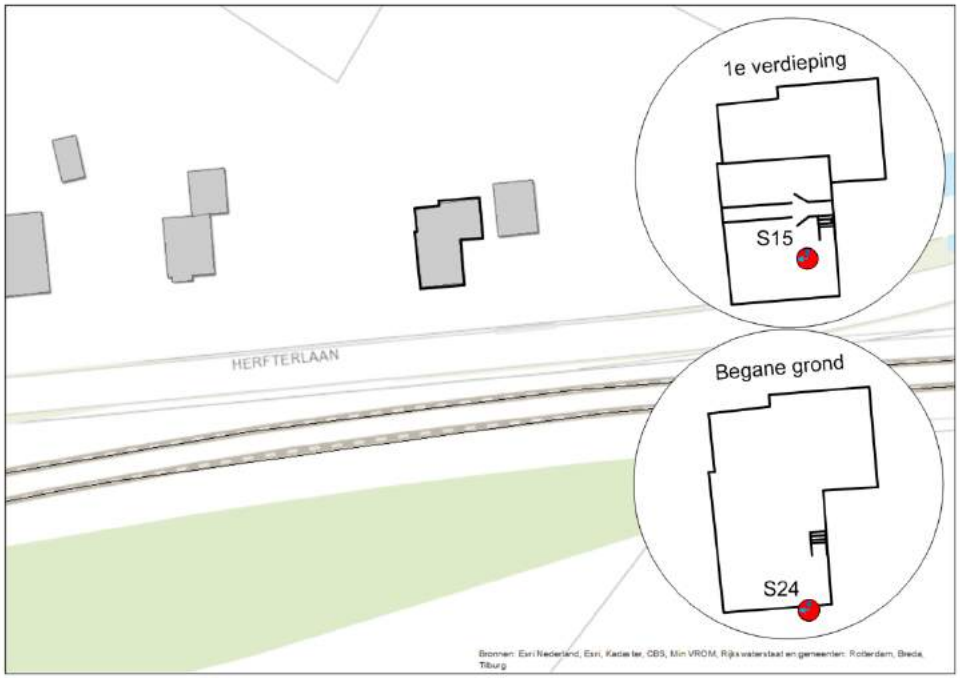
Figuur V - 9 *Meetlocatie Herfterlaan 27 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 6.

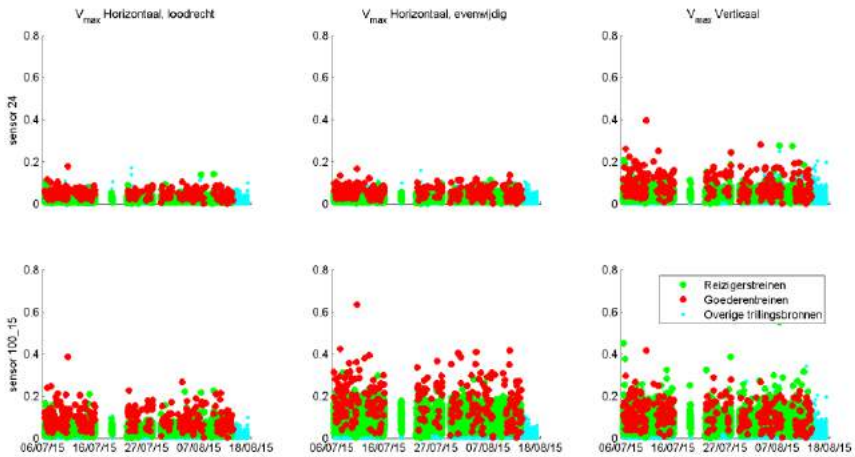
Tabel V - 6 *Gegevens meting Herfterlaan 27*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 12:41 tot 17 augustus 2015 10:27*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 10*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 10*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-101 meetcomputer met 3 aangesloten kanalen en webcam* *D03-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 11*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 10 , de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 11.



Figuur V - 10 *Opstelling sensoren bij Herfterlaan 27*



Figuur V - 11 *Meetresultaten Herfterlaan 27*

V.2.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V - 7. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 7 *Resultaten referentiesituatie*

	24, fundering			15, boven tapijt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04	0.03
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04	0.03
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
V_{max}	0.11	0.12	0.24	0.23	0.39	0.36
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	61	61	61	61	61	61
μ	-2.52	-2.38	-1.73	-1.76	-1.18	-1.36
σ	0.20	0.16	0.20	0.20	0.17	0.23
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	6	5	6	6	5	7

Op deze locatie zijn 7683 reizigers- en 279 goederentreinen gemeten.

V.2.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V - 8. De resultaten van de berekeningen zijn getoetst aan de grenswaarden.

Tabel V – 8 *Resultaten berekening plansituatie*

	24, fundering			15, boven tapijt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.05	0.04
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.05	0.04
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
V_{max}	0.11	0.12	0.24	0.23	0.41	0.38
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	61	61	61	61	61	61
μ	-2.50	-2.32	-1.70	-1.74	-1.09	-1.33
σ	0.19	0.15	0.20	0.18	0.14	0.26
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	6	5	6	6	4	8
$\mathbf{V_{per,\ grenswaarde}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

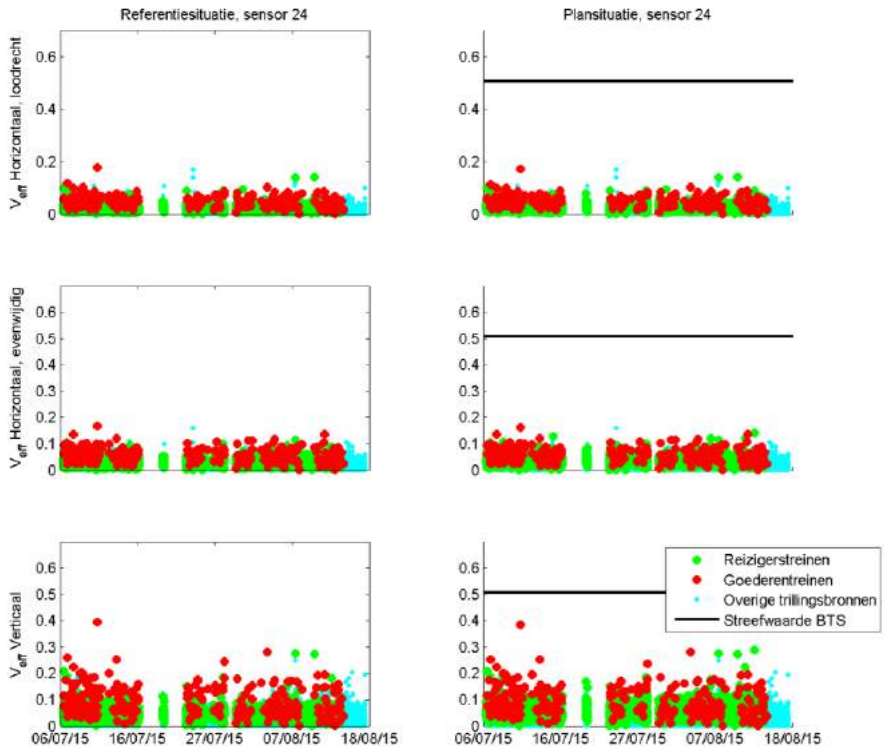
De *Q*-waarde bedraagt 1.06. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

V.2.4 Conclusies

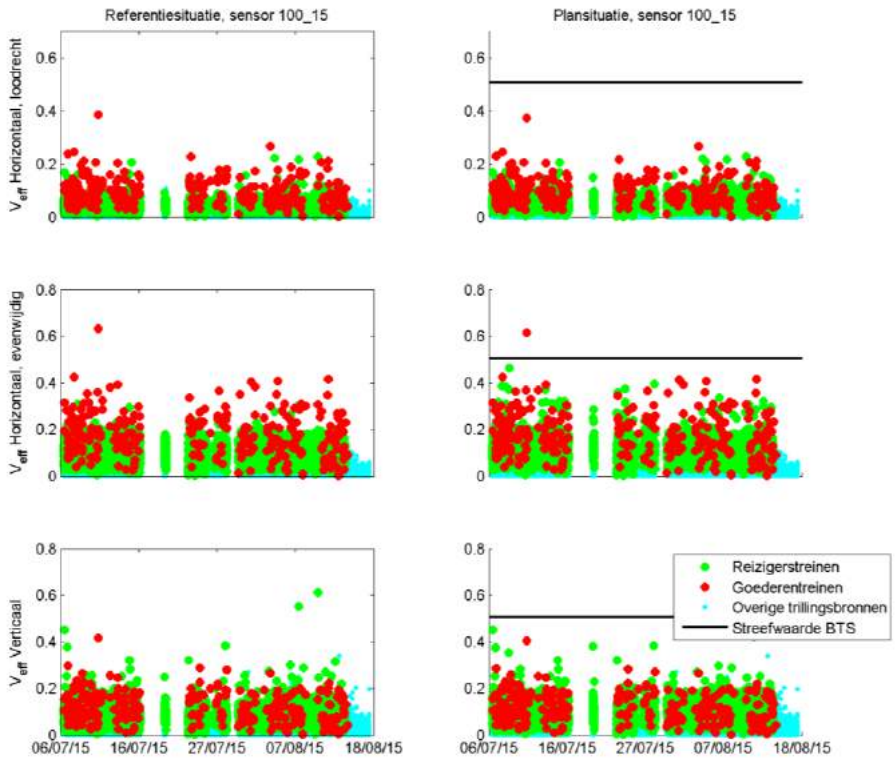
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur V - 12 tot en met Figuur V - 13 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur V - 12 *Resultaten sensor 24*



Figuur V - 13 *Resultaten sensor 100_15*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}. Er is geen kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

V.3 Valkenbergweg 2

De meetlocatie Valkenbergweg 2 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V - 14.

Figuur V - 14 *Gevel Valkenbergweg 2*

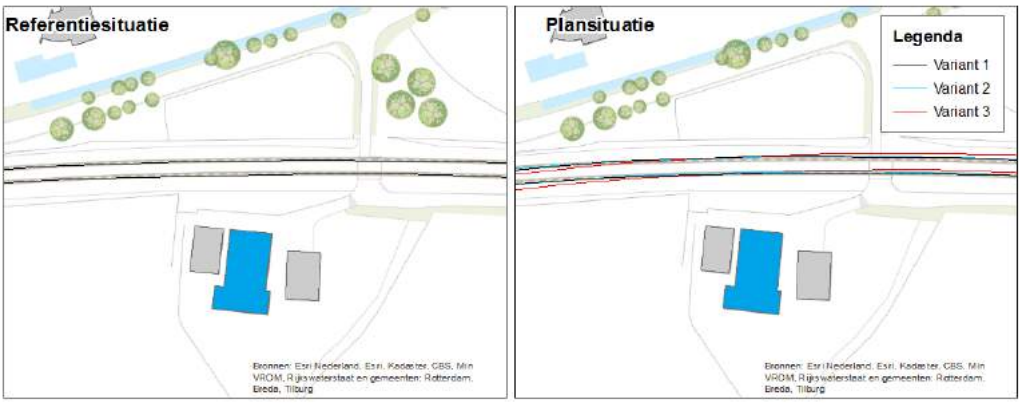
In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 14) en drie meetpunten zijn berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensoren 5, 16 en 21) , zie ook Figuur V - 32 voor een schets van de meetopstelling:

1. Een driedimensionale trillingssensor (14) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (100_5) op de tegelvloer aan de achterzijde van de woning;
3. Een driedimensionale trillingssensor (100_16) op de tegelvloer aan de achterzijde van de woning bij een pilaar.
4. Een driedimensionale trillingssensor (100_21) op de tegelvloer bij voorgevel.

Daarnaast zijn meetpunten gepositioneerd op de zolder, deze meetpunten zijn gebruikt om de trillingseigenschappen van de woning in kaart te brengen.

V.3.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie is de gewijzigde rijsnelheid van een deel van de treinen. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven Figuur V - 15.



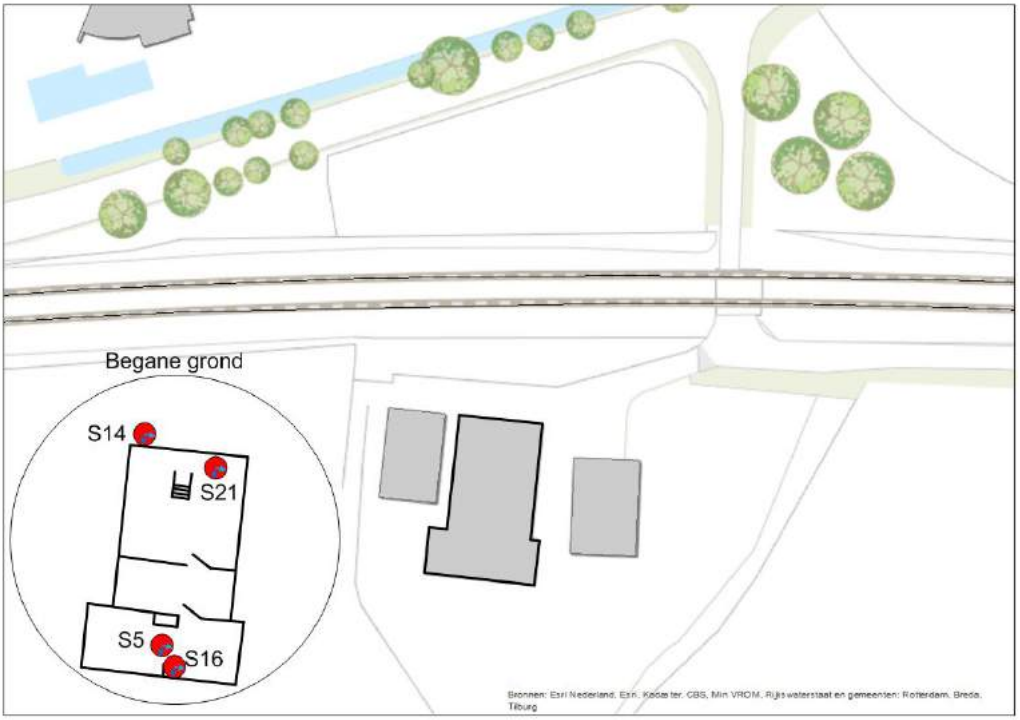
Figuur V - 15 *Meetlocatie Valkenbergweg 2 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 11.

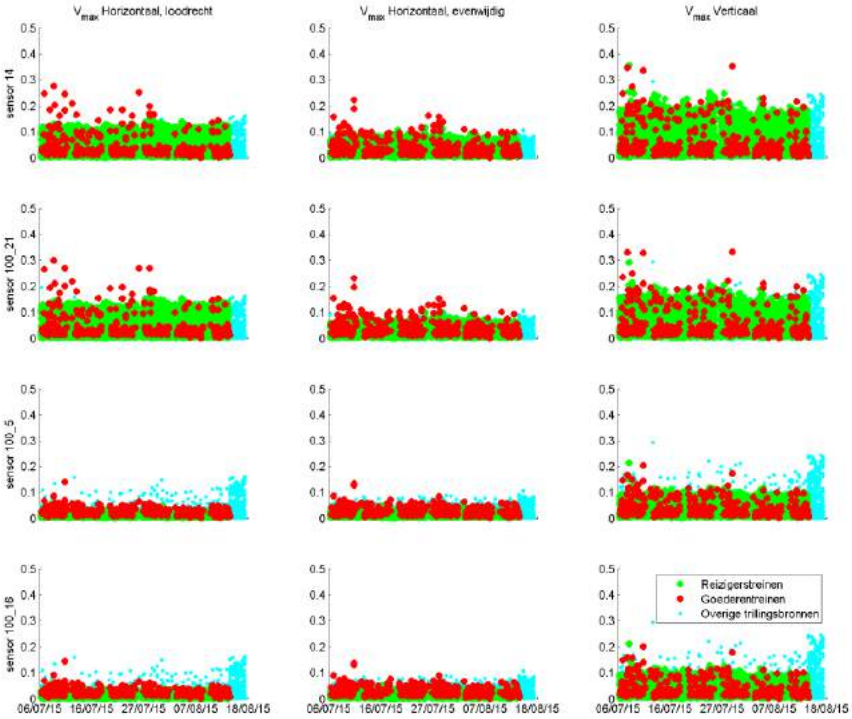
Tabel V - 11 *Gegevens meting Valkenbergweg 2*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 10:37 tot 17 augustus 2015 10:27*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 16*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 16*
9	Gebruikte meetopnemers	*Vier 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-1201 meetcomputer met 9 aangesloten kanalen en webcam* *D04-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 17*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 16, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 17.



Figuur V - 16 *Opstelling sensoren bij Valkenbergweg 2*



Figuur V - 17 *Meetresultaten Valkenbergweg 2*

V.3.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V - 12. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 12 *Resultaten referentiesituatie*

	14, fundering			21, tegel			5, tegel			16, tegel		
	H1	H1	H1	H1	H2	V	H1	H2	V	H1	H2	V
$V_{per.\ dag}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$V_{per.\ avond}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$V_{per.\ nacht}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
V_{max}	0.21	0.14	0.28	0.22	0.13	0.24	0.06	0.07	0.14	0.07	0.08	0.14
X (%)	50.01	1.57	50.01	50.01	1.57	1.57	3.14	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
#topX%	2231	70	2231	2231	70	70	140	70	70	70	70	70
μ	-2.61	-2.25	-2.05	-2.50	-2.33	-1.64	-3.20	-2.90	-2.16	-3.02	-2.86	-2.13
σ	0.37	0.18	0.27	0.35	0.22	0.15	0.23	0.21	0.16	0.22	0.22	0.14
β	2.79	1.39	2.79	2.79	1.39	1.39	1.73	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
R	3	5	2	3	6	4	6	6	5	6	6	4

Op deze locatie zijn 9601 reizigers- en 388 goederentreinen gemeten.

V.3.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het

in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V - 13. De resultaten van de berekening zijn getoetst aan de grenswaarden.

Tabel V - 13 *Resultaten berekening plansituatie*

	14, fundering			21, tegel			5, tegel			16, tegel		
	H1	**H1**	**H1**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per.\ dag}$	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
$V_{per.\ avond}$	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
$V_{per.\ nacht}$	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
V_{max}	0.24	0.15	0.33	0.26	0.14	0.28	0.06	0.07	0.17	0.06	0.08	0.17
X (%)	50.01	1.57	1.57	50.01	1.57	1.57	3.14	1.57	1.57	6.25	1.57	1.57
#topX%	2231	70	70	2231	70	70	140	70	70	279	70	70
μ	-2.30	-2.07	-1.21	-2.19	-2.14	-1.39	-3.02	-2.84	-1.89	-2.99	-2.80	-1.87
σ	0.31	0.12	0.08	0.30	0.13	0.09	0.14	0.18	0.09	0.11	0.18	0.08
β	2.79	1.39	1.39	2.79	1.39	1.39	1.73	1.39	1.39	2.04	1.39	1.39
R	3	4	2	3	4	3	3	5	3	2	5	2
$\boldsymbol{V_{per.\ gw.}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

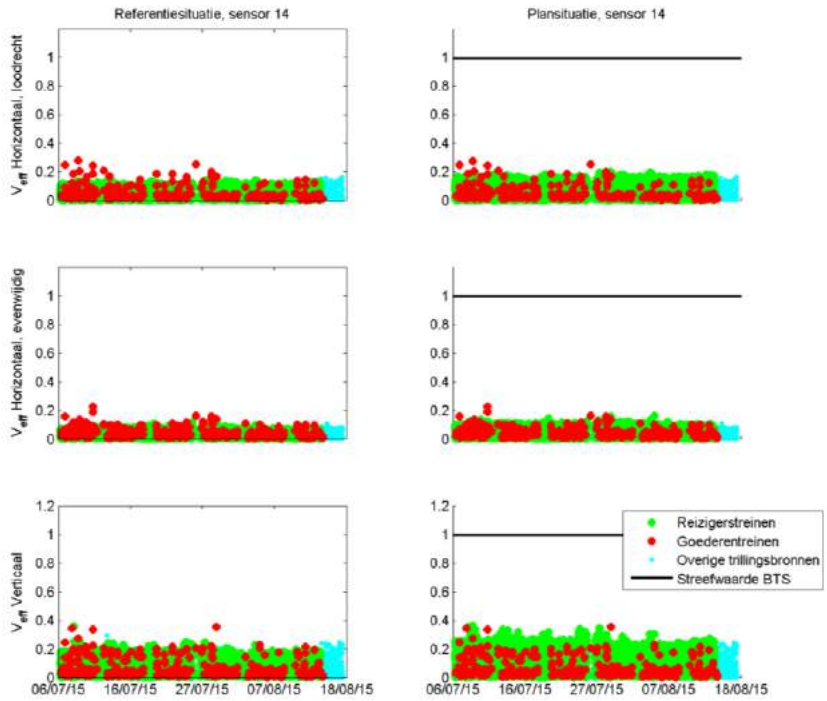
De *Q*-waarde bedraagt 1.20. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

V.3.4 Conclusies

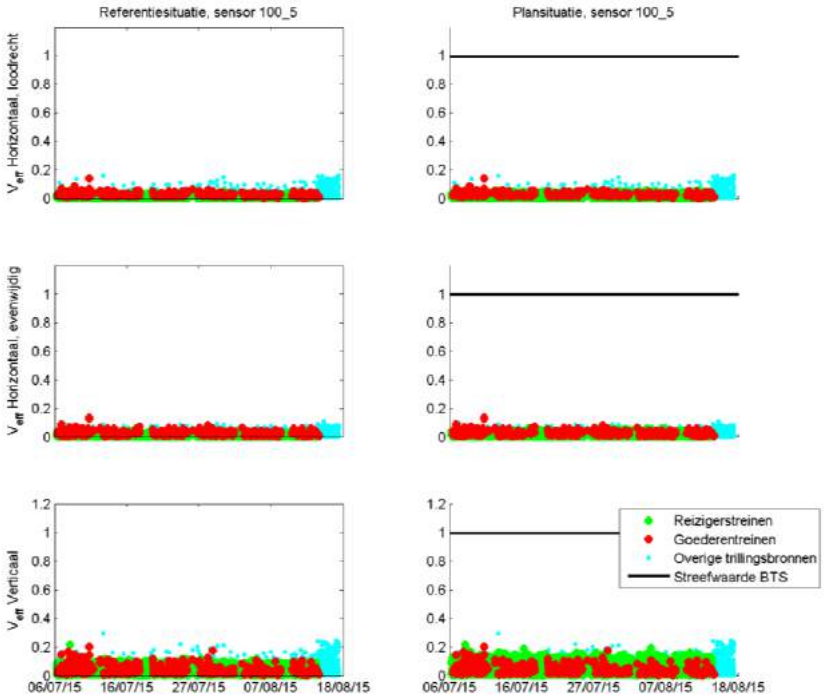
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar. De maximaal optredende trillingssnelheid ten gevolge van treinverkeer in de plansituatie is 0.89 mm/s. Inclusief toeslagfactor voor de onzekerheid van een indicatieve meting (toeslagfactor is 1.6, zie Bijlage II) is maximaal een trillingssnelheid van 1.43 mm/s te verwachten. De grenswaarde uit de SBR A-richtlijn voor trillingen ten gevolge van treinverkeer met een dominante frequentie van minder dan 10 Hz in panden met een monumentale status zoals Valkenbergweg 2 bedraagt 2 mm/s. Omdat de maximaal verwachte trillingssnelheid lager is dan deze grenswaarde, is de kans op schade conform de SBR A-richtlijn kleiner dan 1 procent, en daarmee verwaarloosbaar. Er wordt dus geen schade ten gevolge van treinverkeer verwacht.

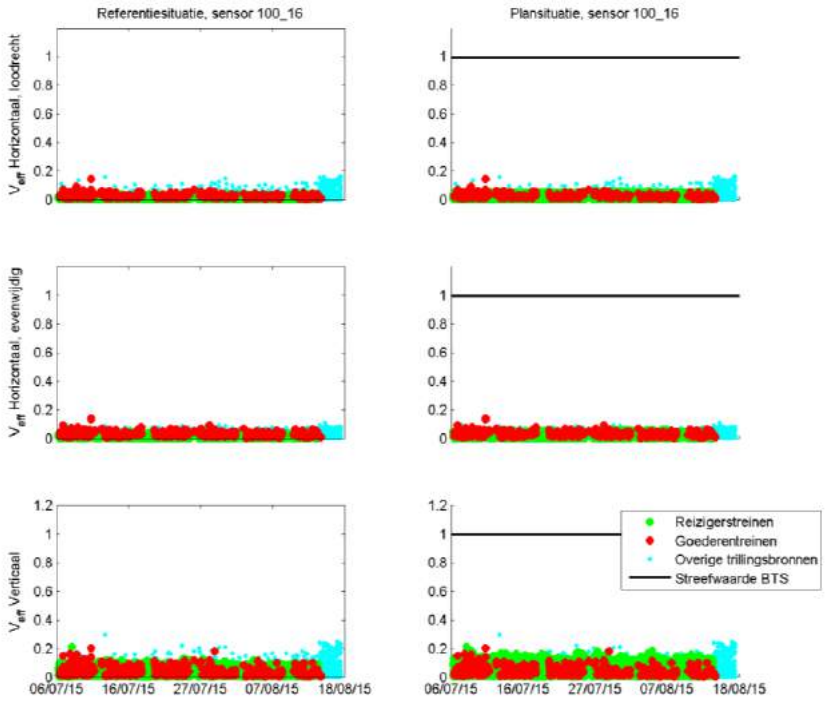
In Figuur V – 18 tot en met Figuur V - 21 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven. reizigerstreinen als groene meetpunten. en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn. zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



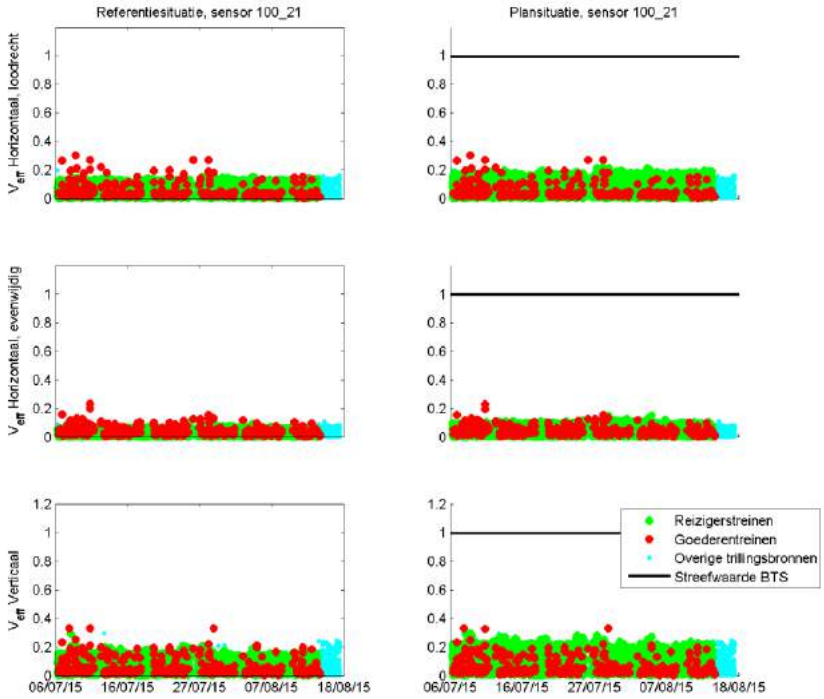
Figuur V - 18 *Resultaten sensor 14*



Figuur V - 19 *Resultaten sensor 100_5*



Figuur V - 20 *Resultaten sensor 100_16*

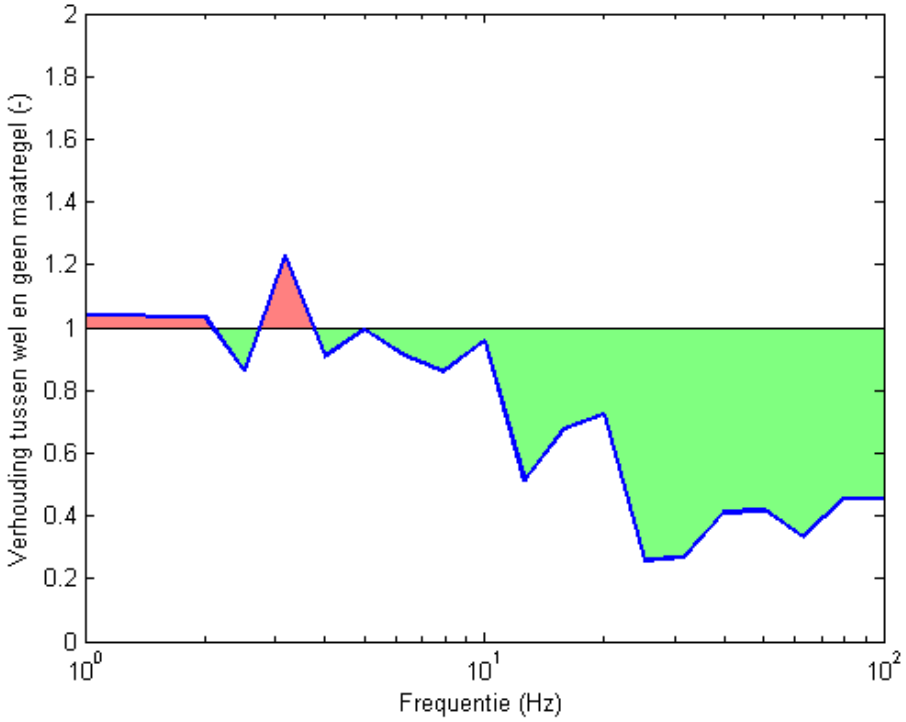


Figuur V - 21 *Resultaten sensor 100_21*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}. Er is geen kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

Bijlage VI Effectiviteit maatregelen

In deze bijlage is het effect opgenomen van de doorgerekende maatregel, als functie van de frequentie, in Figuur VI - 1. Groter dan 1 betekent een versterking van de trillingen, kleiner dan 1 een verzwakking. De maatregel heeft vooral effect boven 10 Hz.



Figuur VI- 1 *Doorgerekende maatregel voor cluster Herfterlaan (sloot van 3.5 meter diep)*

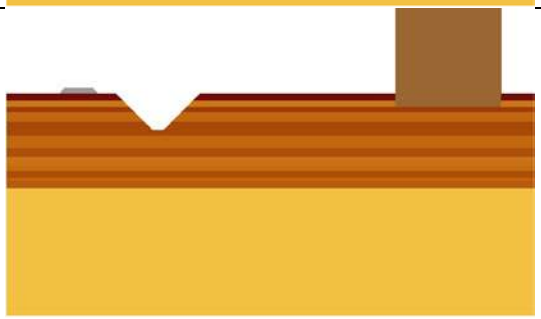
		Omschrijving per categorie	
Kleurcode	**Uitvoerbaarheid**	**Effectiviteit**	**Kosten per gebouw**
--	Niet uitvoerbaar	Sterk negatief effect	Kosten zijn hoger dan richtbedrag
-	Zeer moeilijk uitvoerbaar	Licht negatief effect	
0	Moeilijk uitvoerbaar	Geen effect	Kosten kunnen hoger zijn dan richtbedrag
+	Relatief eenvoudig uitvoerbaar	Licht positief effect	
++	Zeer eenvoudig uitvoerbaar	Sterk positief effect	Kosten zijn lager dan richtbedrag
	Niet van toepassing	Niet van toepassing	

Uit Tabel 8-1 volgt dat alleen een sloot een mogelijk kosteneffectieve maatregel is, en daarnaast het aanpassen van de spoorwegovergang bij de Herfterlaan. Omdat deze al wordt vernieuwd tijdens het project, is de verwachting dat de trillingen ten gevolge van de overweg sterk zullen afnemen, zeker wanneer de overweg wordt geoptimaliseerd ten aanzien van trillingen. De sloot als maatregel is gedetailleerd doorgerekend met behulp van 3D eindige elementenmodellen. De resultaten van de gedetailleerde doorrekening zijn opgenomen in de volgende paragraaf.

8.5 Resultaten detaillering maatregelen

Op analoge wijze als in het onderzoek van stap 3 is voor de meetlocatie Herfterlaan 17 de plansituatie berekend met de voorgestelde maatregel. De effectiviteit van de maatregel, zoals bepaald op basis van modelberekeningen, is weergegeven in Bijlage VI. In Tabel 8-2 zijn de resultaten van het gedetailleerde maatregelenonderzoek opgenomen. Er is een korte omschrijving van de maatregel, de trillingssituatie in de plansituatie met maatregel en, indien de maatregel voldoende effectief is, de totale bouwkosten per meter weergegeven. Situaties waarbij na het nemen van de maatregelen de trillingsintensiteit Vper groter is dan de A3-grenswaarde, zijn oranje gearceerd.

Tabel 8-2 *Overzicht van onderzochte maatregelen*

		Trillingen in plansituatie			
Maatregel	**Afbeelding**	**Vmax**	**Q**	**Vper**	**Kosten/m**
Geen maatregel (uitgangssituatie)		1.02	1.00	0.12	
T.1 Sloot • 3.5 m diep, 7.5 m breed • Naast baanvak Zwolle-Emmen • Naast baanvak Zwolle-Meppel		0.91	0.89	0.09	

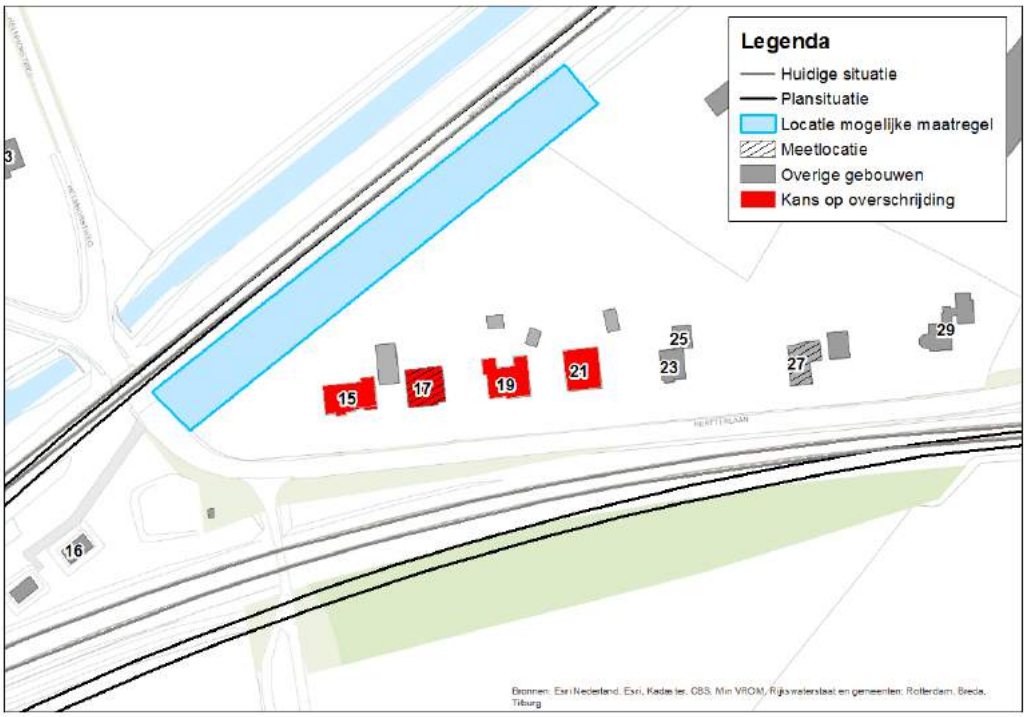
In de berekening van maatregel T.1, de sloot, is deze langs zowel het baanvak naar Emmen als het baanvak naar Meppel geplaatst. Uit een nadere analyse blijkt dat de sloot langs het baanvak naar Emmen geen significant effect heeft op de trillingssterkte en trillingsintensiteit. Er kan daarom worden volstaan met alleen een sloot langs het baanvak Zwolle-Meppel.

Op basis van de resultaten in Tabel 8-2 blijkt dat het toepassen van een sloot een doelmatige maatregel is die voldoende effect geeft om de overschrijding van V_{per} te reduceren.

8.6 Voorgestelde maatregel

Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan. Hiervoor zijn meerdere mogelijkheden. De verwachting is dat met een vernieuwing en aanpassing van de spoorwegovergang voldaan kan worden aan het beoordelingskader voor trillingshinder. Aanpassingen aan de spoorwegovergang zijn niet meegenomen in de kostenafweging van de maatregelen.

Als uit nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel, zie Figuur 8-4. Dit is een kosteneffectieve maatregel die de trillingen reduceert tot onder de streefwaarden. De kosten-batentabel is weergegeven in Tabel 8-3. Per woning met een overschrijding bedragen de verwachte kosten van de maatregel € 12.000 tot € 27.000.



Figuur 8-4 *Voorgestelde maatregellocatie*

Tabel 8-3 *Kosten-batentabel Herfterlaan*

Kosten	**Kosten per meter**	**Lengte maatregel**	**Totaal**
Subtotaal	€ 300 - € 644	165 m	€ 49.500 - € 106.500

Baten	**Aantal adressen**	**Richtbedrag / adres**	
Subtotaal	4	€ 47.000	€ 188.000
Saldo			€ 81.500 - € 138.500.

9 Trillingsschade

9.1 Inleiding

Schade door trillingen ten gevolge van treinverkeer komt in de praktijk niet vaak voor in Nederland. Uit de modelberekeningen die zijn uitgevoerd in het voorliggende onderzoek blijkt dat de trillingssterktes in alle gebouwen in het onderzoeksgebied lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. De metingen in Herfte zijn nauwkeuriger geanalyseerd. Uit deze analyse blijkt dat de trillingen op alle locaties aanzienlijk lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. Een toelichting per meetlocatie is opgenomen in Bijlage V.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade aan omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door bijvoorbeeld heiwerkzaamheden.
Daarom is een nadere analyse uitgevoerd met behulp van eindige elementen modellen om te bepalen voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten, en waar daarom een vooropname en eventueel maatregelen dienen te worden getroffen tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De vooropnames zijn bedoeld om de huidige schade van gebouwen vast te stellen, zodat na de werkzaamheden een causaal verband kan worden gelegd tussen de eventueel opgetreden schade en de uitgevoerde werkzaamheden.

In het huidige ontwerp is naar verwachting sprake van werkzaamheden met kans op schade op een aantal locaties:

1. Het realiseren van enkele viaducten of bruggen. Er zijn viaducten gepland bij de Oldermannenlaan, de Marsweg en de Ceintuurbaan, en bruggen bij de Nieuwe Wetering en de Emmertochtsloot;
2. Het realiseren van de dive-unders. Deze wordt waarschijnlijk gerealiseerd met behulp van trekpalen.

In alle gevallen gaat er geheid worden.

9.2 Uitgangspunten

Er zijn drie modellen gemaakt, waarvan de uitgangspunten per model zijn weergegeven in Tabel 9-1.

Tabel 9-1 *Uitgangspunten modelberekeningen*

Model	Omschrijving	Sondering/Boring	Palen
M.1	Heien dive-under	0140006S	450 x 450 mm, tot -11 m NAP
M.2	Heien kunstwerk Marsweg	01400111	450 x 450 mm, tot -11m NAP
M.3	Heien kunstwerk Marsweg	S21G00022	450 x 450 mm, tot -13 m NAP

In de berekeningen is een veiligheidsfactor van 2.0 toegepast op de trillingssnelheden. Uit nadere analyse van de trillingssignalen is gebleken dat de oscillaties tengevolge van heien een grote component in het frequentiegebied van onder de 10 Hz hebben, daarom is de maximaal toegestane amplitude uit dit frequentiegebied in de SBR A-richtlijn toegepast. Rond alle locaties is voornamelijk sprake van gebouwen in categorie 2 van de SBR A-richtlijn, zie Bijlage II. Het betreft gebouwen in goede staat.

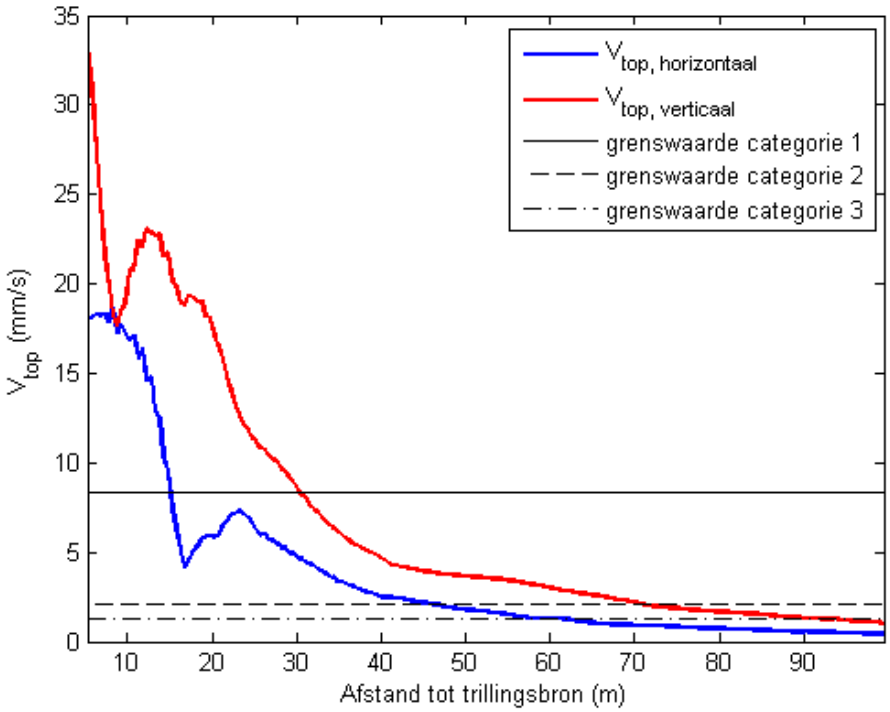
De modellen M.2 en M.3 zijn op vrijwel dezelfde locatie. Uit het onderzoek blijkt dat model M.2, ondanks de kleinere diepte van de palen, de grootste contourafstanden geeft. Voor alle heiwerkzaamheden ten oosten van de Primulastraat wordt model M.2 gebruikt, ten westen van de Primulastraat model M.1

9.3 Modellering

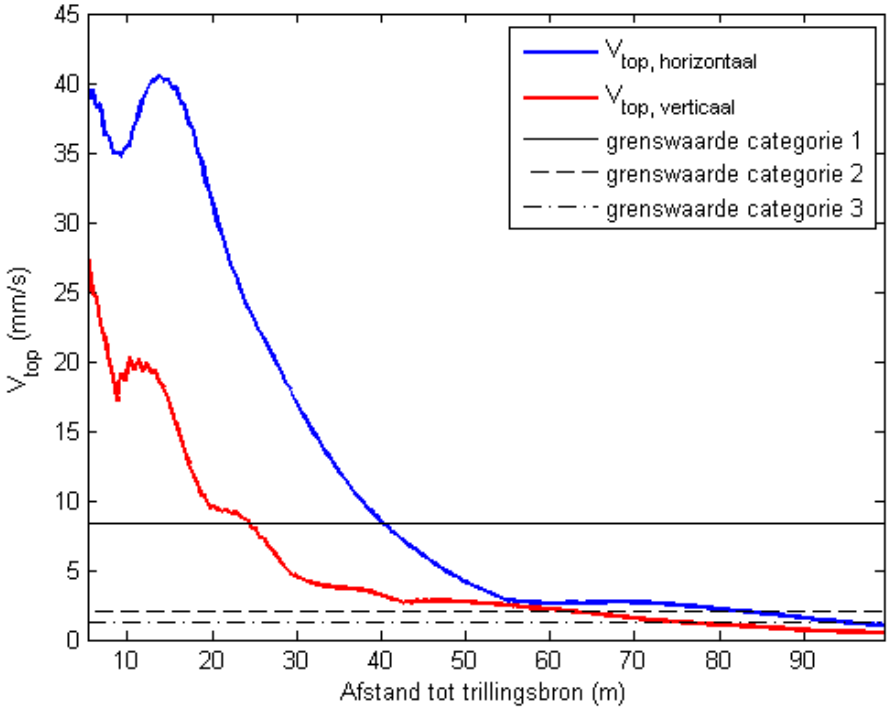
Voor het bepalen van de afstanden waarop schade kan ontstaan aan gebouwen is gebruik gemaakt van 3D-rekenmodellen met de grondopbouw van de verschillende locaties. De modellen zijn axi-symmetrisch gemaakt. Dit is gebaseerd op het feit dat de golven zich in een cirkel uitbreiden vanaf de puntbron (de heipaal). Het inheien van de heipalen gebeurt met een heiblok. In het model is de zwaarte van het heiblok afhankelijk van de grote van de paal.

9.4 Resultaten

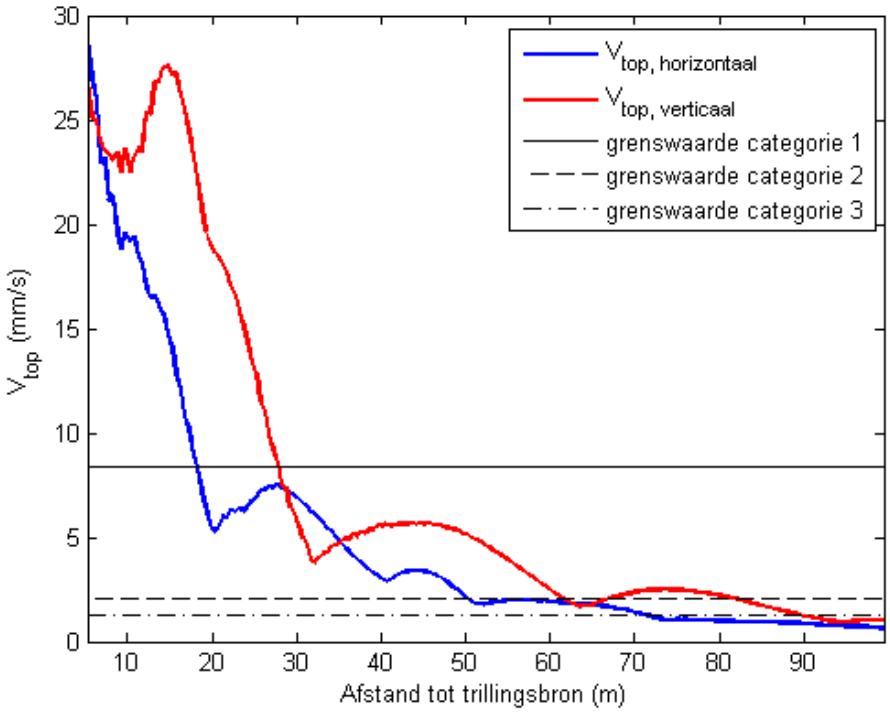
De trillingssnelheid (zowel in horizontale als in verticale richting) als functie van de afstand en de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen, is weergegeven in Figuur 9-1 tot en met Figuur 9-3.



Figuur 9-1 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.1*



Figuur 9-2 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.2*



Figuur 9-3 *Trillingssnelheid vs. afstand, model M.3*

De contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen voor de verschillende modellen zijn weergegeven in Tabel 9-2.

Tabel 9-2 *Contourafstanden mogelijke bouwschade*

	Toegestane afstand (m)		
Model	**Categorie 1**	**Categorie 2**	**Categorie 3**
M.1	15	46	62
M.2	24	62	75
M.3	18	50	71

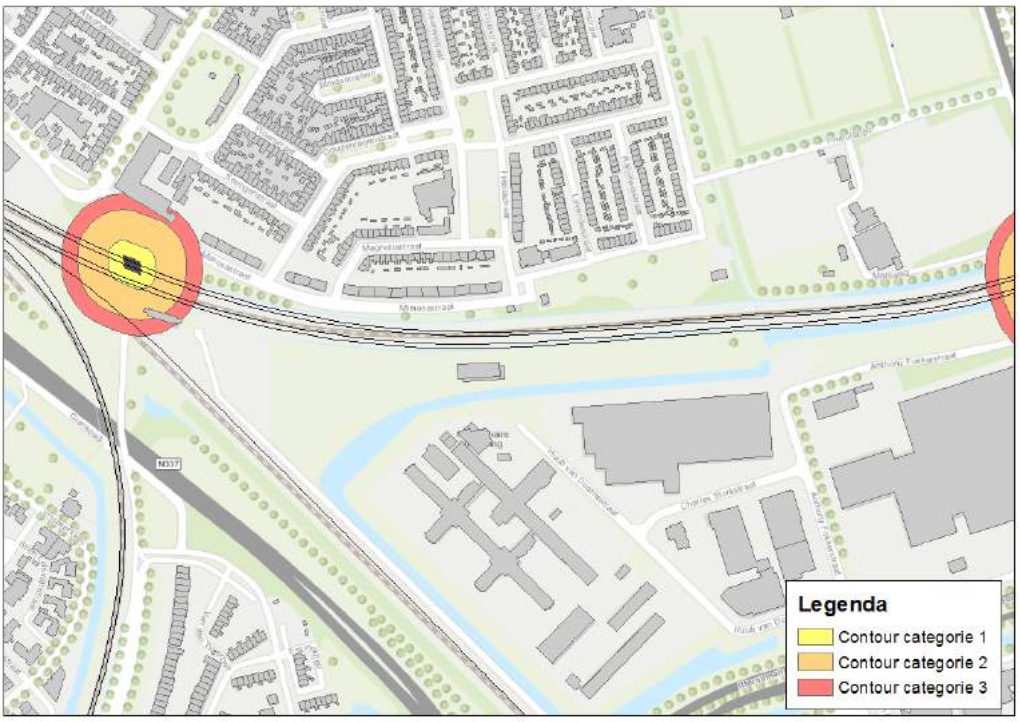
De contourafstanden voor categorie 1-, 2- en 3-gebouwen zijn geprojecteerd rond de werkzaamheden bij de kunstwerken, zie Figuur 9-4 tot en met Figuur 9-6. Binnen de aangegeven afstanden tot de werkzaamheden is trillingsschade ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet uit te sluiten.

In de volgende paragrafen wordt dit kort toegelicht middels een beschrijving van de locaties met een kans op schade en bijbehorende contourfiguren. De panden met een kans op schade zijn blauw gearceerd, hierbij is rekening gehouden met de staat van het pand (categorie 1, 2 of 3 conform de SBR A-richtlijn, zie Bijlage II).

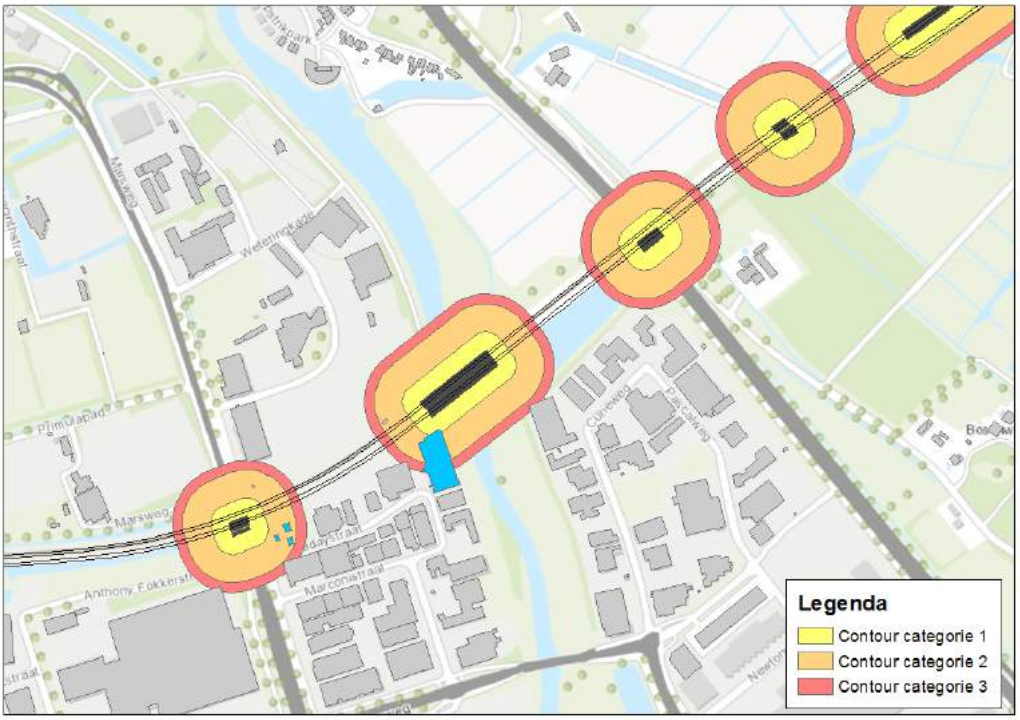
9.5 Schadecontouren

Bij de spooruitbreiding Zwolle - Herfte is er een kans op schade bij de realisatie van de volgende objecten:

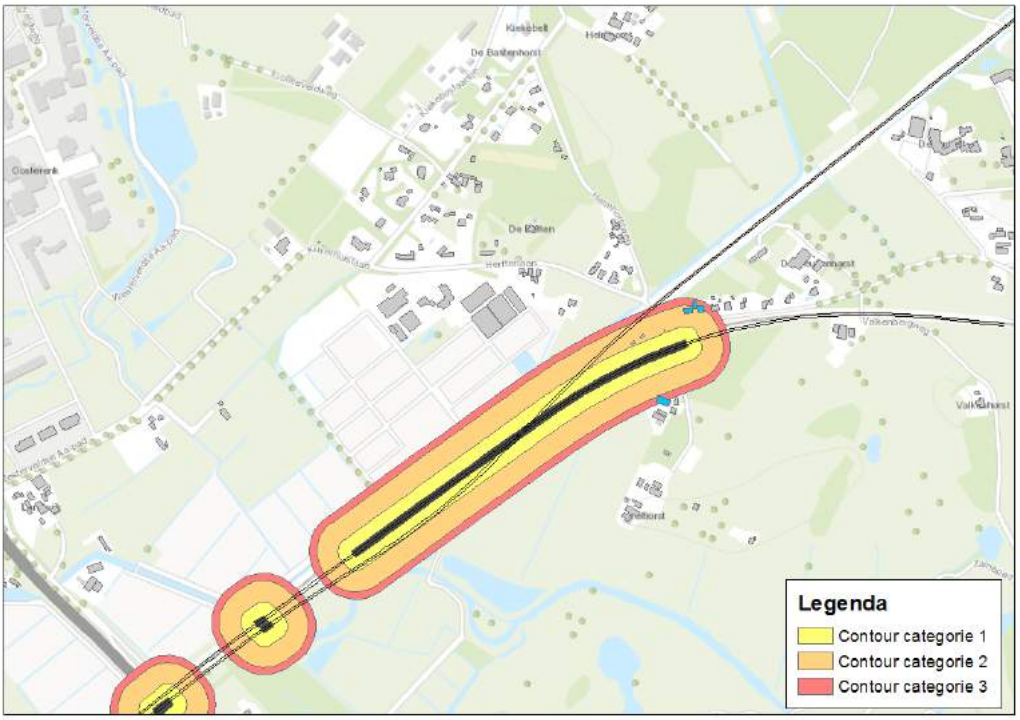
1. Viaduct over de Marsweg: kans op schade aan enkele technische ruimtes, zie Figuur 9-5;
2. Brug over de Nieuwe Wetering: kans op schade bij een bedrijfspand aan de Faradaystraat, zie Figuur 9-5;
3. Dive-under bij de spoorsplitsing bij Herfte: kans op schade aan woningen en bijgebouwen aan de Herfterlaan, zie Figuur 9-6.



Figuur 9-4 *Schadecontouren bij Mimosastraat*



Figuur 9-5 *Schadecontouren bij Nieuwe Wetering*



Figuur 9-6 *Schadecontouren bij spoorsplitsing Herfte*

9.6 Aanbevelingen

Voor locaties waar een kans op trillingsschade niet is uit te sluiten, adviseren wij nader onderzoek. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans

op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

10 Conclusies en aanbevelingen

In het voorliggende trillingsonderzoek zijn de trillingseffecten voor het project *Zwolle-Herfte* bepaald. Het doel van dit onderzoek is tweeledig:

1. Het vaststellen en beoordelen van de trillingshinder tijdens de exploitatiefase, na realisatie van het project. Dit onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van het OTB;
2. Het beoordelen van de trillingsschade tijdens de realisatie- en bouwfase.

10.1 Onderzoek naar trillingshinder

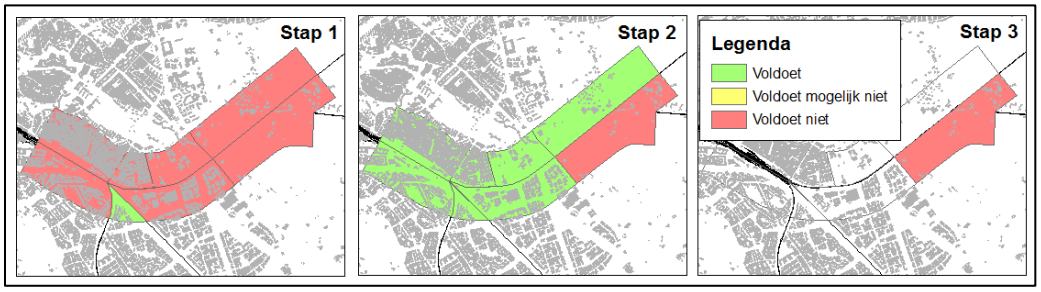
In dit onderzoek is de trillingssituatie na realisatie van *Zwolle-Herfte* vergeleken met de referentiesituatie in het jaar 2014. Middels een uitgebreid trillingsonderzoek in een zone van 500 meter rondom de sporen is de trillingssterkte in gebouwen vastgesteld. Hiertoe is het onderzoeksgebied geografisch opgedeeld in deelgebieden, afhankelijk van bodemopbouw, bouwjaar en constructie van de woningen. In dit trillingsonderzoek wordt gebruik gemaakt van een getrapte aanpak:

1. Stap 1: inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden met behulp van een globaal trillingsmodel op basis van expert judgment;
2. Stap 2: inventarisatie van aandachtslocaties aan de hand van metingen op maaiveld en empirische prognoses, verwerkt in een nauwkeurig trillingsmodel;
3. Stap 3: trillingsmetingen in woningen en nauwkeurige trillingsprognoses op aandachtslocaties;
4. Stap 4: ontwerpen van trillingsmaatregelen.

De beoordeling aan de hand van de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts), uitgevoerd na bovengenoemde stappen 1, 2 en 3, is weergegeven in Figuur 1. Locaties die in een bepaalde stap afvallen, behoeven niet te worden meegenomen in vervolgstappen. Ter verificatie van de gekozen aanpak zijn op een groot aantal locaties nog wel aanvullende onderzoeken verricht. Andersom is op sommige locaties geen nader onderzoek verricht omdat de resultaten uit de andere aanvullende onderzoeken voor deze locaties gebruikt kunnen worden.

Uit het onderzoek volgt dat er een kans op een overschrijding is bij enkele woningen aan de Herfterlaan. Hier is een grote kans op een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} door de toename van het aantal goederentreinen op vooral het traject naar Meppel, en in mindere mate door de hogere rijsnelheid van treinen van en naar Emmen en de toename van de goederentreinen van en naar Emmen.

Omdat zettingsverschillen rond de spoorwegovergang bij de Herfterlaan de meest waarschijnlijke oorzaak van de overschrijdingen zijn, wordt geadviseerd om tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang zorg te besteden aan een *blijvend* goede overgang tussen de spoorwegovergang en de aardebaan door technische aanpassingen door te voeren tijdens de vernieuwing van de spoorwegovergang. Als uit nametingen blijkt dat deze maatregel onvoldoende effect heeft, kan een 3.5 meter diepe sloot worden gerealiseerd tussen de woningen aan de Herfterlaan en de sporen richting Meppel. De afweging op doelmatigheid wordt uitgevoerd in het OTB.



Figuur 1 *Resultaten trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte*

10.2 Onderzoek naar trillingsschade

Uit het trillingsonderzoek volgt dat trillingsschade tijdens de exploitatie zeer onwaarschijnlijk is, de trillingssnelheden zijn ruim lager dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn.

Tijdens de realisatiefase van *Zwolle-Herfte* worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade bij omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Deze trillingsschade kan optreden door werkzaamheden als het intrillen van damwanden of bijvoorbeeld door heiwerkzaamheden. Met behulp van eindige elementen modellen is bepaald voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten.

In het ontwerp is op een aantal locaties sprake van werkzaamheden die mogelijk tot trillingsschade kunnen leiden. Dat zijn met name het viaduct over de Marsweg, de brug over de Nieuwe Wetering en de dive-under. Er is alleen kans op schade aan de Herfterlaan. Zodra een verdere detaillering van de kunstwerken heeft plaatsgevonden en de exacte afmetingen van de te gebruiken palen en de realisatiemethode bekend zijn, kunnen de contouren meer exact worden ingeschat. Voor panden met een kans op schade adviseren wij een bouwkundige vooropname uit te voeren en trillingen tijdens de bouwwerkzaamheden te monitoren.

Colofon

Opdrachtgever ProRail B.V.

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Planontwikkeling en Bouwprocessen: Omgeving en Conditionering

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 265 55 55

Ondertekenaar

Projectnummer RA001791

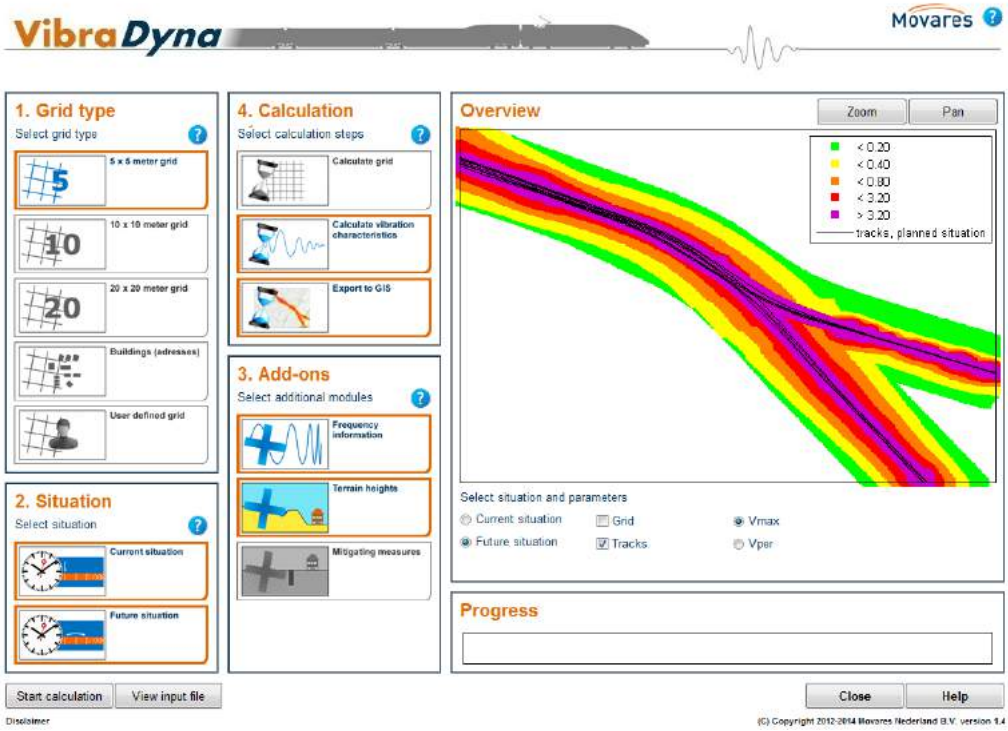
Opgesteld door

© 2015, Movares Nederland B.V.

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

Bijlage I VibraDyna

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Vibra*Dyna*, een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat met behulp van een database en door de gebruiker geselecteerde specifieke gegevens de trillingssituatie berekend ten gevolge van rail- of wegverkeer, zie Figuur I-1.



Figuur I-1 *VibraDyna*

In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van twee types berekeningen in Vibra*Dyna*:

1. Een snelle, globale berekening op basis van expert judgment voor stap 1 van het trillingsonderzoek;
2. Een nauwkeurige berekening op basis van metingen. Dit type onderzoek is gebruikt in de tweede stap van het trillingsonderzoek.

Beide types modellen worden hieronder nader toegelicht.

I.1 Globale berekening op basis van expert judgment

De berekeningen in Vibra*Dyna* kunnen aanzienlijk worden versneld en versimpeld door alleen gebruik te maken van de database van het model. Deze database bevat gegevens over de grondopbouw, trillingssterktes, invloed van wissels en kunstwerken en talloze andere aspecten, en is opgebouwd op basis van jarenlange ervaring met metingen langs spoorlijnen en wegen. Alle aannames in het model zijn worst-case (conservatief).

I.1.1 In- en uitvoer

Gebruikers kunnen de volgende parameters variëren:

1. Afstand tussen gebouw en spoor;

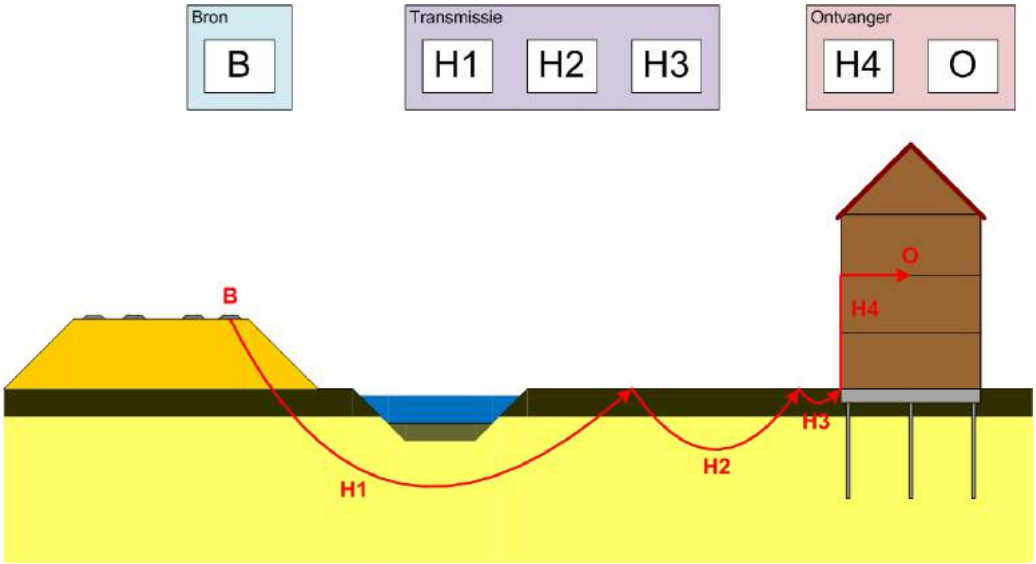
2. Bodemtype (zand, veen, klei, etc.). Deze gegevens zijn op hoofdlijnen uit archieven beschikbaar;
3. Voertuigtypes;
4. Voertuigsnelheden;
5. Voertuigintensiteiten in dag-, avond- en nachtperiode;
6. Wissels en kunstwerken.

Output van het model is de trillingssterkte en trillingsintensiteit op de door de gebruiker opgegeven locatie(s). Resultaten kunnen worden gevisualiseerd in bijvoorbeeld een GIS-applicatie.

I.1.2 Bron, transmissie en ontvanger

Vibra*Dyna* 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.

In de overdracht van trillingen van bron naar ontvanger wordt 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 I-2. Bron, transmissie en ontvanger zijn daarin aangegeven.



Figuur I-2 *Transmissie van trillingen*

In de globale berekening worden alle parameters niet-frequentieafhankelijk beschouwd.

I.1.3 Database

Er is een aantal bronparameters dat de trillingssterkte beïnvloedt, deze bronparameters kunnen worden onderscheiden in twee categorieën:

1. Treinafhankelijke parameters, zoals treinsnelheid, aslast, afvering en wielruwheid. Deze parameters worden deels ingegeven door de gebruikers, en zijn deels opgenomen in de database van Vibra*Dyna*;

2. Baanparameters, zoals oneffenheden in de baan, zetting van de baan en de aanwezigheid van wissels en kunstwerken. Deze parameters zijn opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.

Parameters uit categorie 1 worden meegenomen door onderscheid te maken tussen verschillende treintypes en door het introduceren van een variatie op de betrouwbaarheid. Parameters uit categorie 2 worden meegenomen als afzonderlijke trillingsbronnen.

I.1.4 Berekening

Met behulp van de relaties tussen de treintypes en de Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} per treintype bepaald in de referentie- en plansituatie.

De trillingsintensiteit V_{per} wordt berekend met behulp van de maximale uurintensiteit van de verschillende treintypes. Dit resulteert in een conservatieve inschatting van V_{per}, aangezien niet alle maximale uurintensiteiten in dezelfde periode (dag, avond of nacht) optreden.

I.2 Nauwkeurige berekening op basis van metingen

Voor veel onderzoeken is een grotere precisie van het onderzoek gewenst dan een bepaling op basis van expert judgment, zodat posities van aandachtslocaties beter inzichtelijk kunnen worden gemaakt. In dat geval kan een nauwkeuriger berekening worden uitgevoerd met Vibra*Dyna*, waarbij gebruik wordt gemaakt van metingen. Deze metingen worden door de gebruiker zelf uitgevoerd en als invoer in het model gestopt.

De volgende meetresultaten kunnen worden ingevoerd in het model:

- Trillingsmetingen aan voertuigpassages op maaiveld loodrecht op het spoor of de weg, om de bronsterkte van de verschillende passerende voertuigen te bepalen;
- Valproeven om de afnamecurve van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

Ten opzichte van de globale berekening wordt deze nauwkeuriger berekening frequentieafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast wordt rekening gehouden met lokale variaties in taludgeometrie, bodem- en baanopbouw. Daardoor heeft dit type model een grotere betrouwbaarheid.

I.2.1 Frequentieafhankelijkheid

In het nauwkeurige 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 demping van de bodem, bepaald uit valproefmetingen. 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.

I.2.2 Relatie tussen tertsbandspectrum en v_{eff}

De trillingssterkte v_{eff} is een gewogen voortschrijdend gemiddelde, dat gecorrigeerd is voor frequenties. Deze grootheid wordt gebruikt om de trillingssterkte V_{max} te bepalen, die vervolgens getoetst wordt aan de Bts.

Er is een verhouding tussen de v_{rms}-waarde van het trillingssignaal en de trillingssterkte v_{eff}. Deze verhouding is van belang omdat het model rekent met tertsbandspectra, maar toetsing plaatsvindt op basis van de trillingssterkte V_{max}, die wordt bepaald uit de gehele verzameling van gemeten v_{eff}-waarden voor alle treinen.
De v_{rms}-waarde kan worden bepaald uit het tertsbandspectrum door energetisch te sommeren over de frequenties, na het toepassen van de correctie 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 tertsbandspectrum en $F_c(f)$ de correctiefactor van de SBR B-richtlijn. De waarde van v_{rms} kan niet één op één vertaald worden naar de waarde van v_{eff}. De omrekening vindt daarom plaats via een statistische verdeling die uit een groot aantal metingen is bepaald.

I.2.3 Berekening

De berekening in Vibra*Dyna* vindt plaats volgens een aantal stappen. Met behulp van de relaties tussen de treintypen en een frequentieafhankelijke Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} bepaald voor de referentie- en plansituatie.

De trillingsintensiteit V_{per} wordt op analoge wijze als in stap 1 berekend.

I.3 Betrouwbaarheid van Vibra*Dyna*

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 trillingssterkte;
- 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. Zo kunnen gebouwen met een ongunstige overdrachtskarakteristiek (tussen maaiveld en de bewoonde vloeren) afwijken van de gemiddelde prognoses die het model hanteert. Om er toch voor te zorgen dat de modellen zo betrouwbaar mogelijk zijn, is de volgende aanpak gehanteerd:

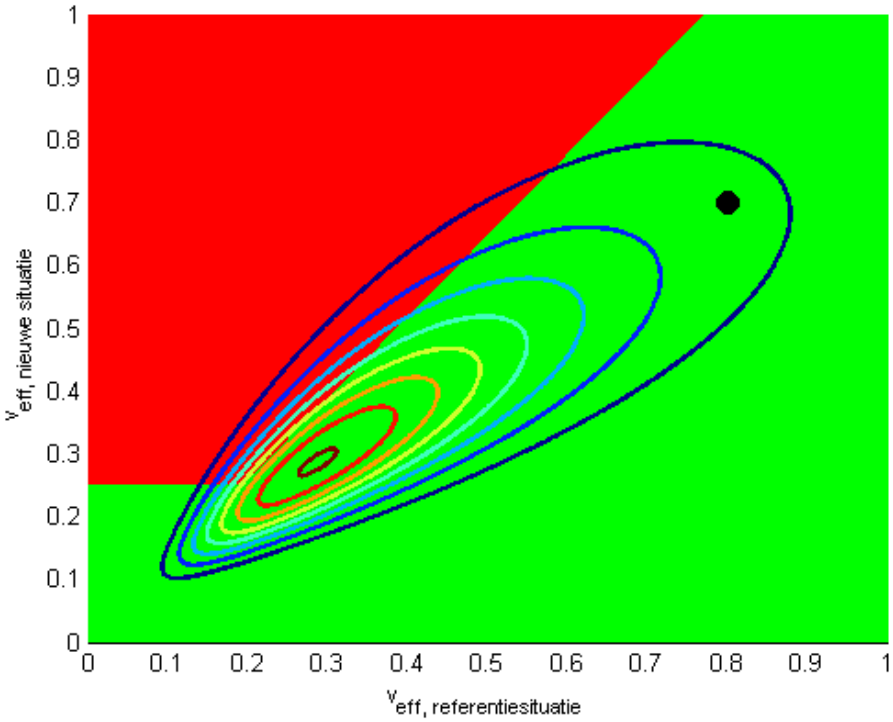
1. Modelparameters zijn bepaald op basis van een groot aantal metingen in een groot aantal gebouwen door het gehele land, over langere tijd. De beoordeling van de trillingssterkte vindt plaats op basis van een bovengrens die statistisch wordt bepaald. Hierdoor is het percentage gebouwen waar in werkelijkheid een hogere trillingssterkte wordt gemeten, zeer klein. Bij het nauwkeurige model is het mogelijk om gebouweigenschappen toe te voegen, zodat de invloed van sterk afwijkende bebouwing sterk wordt gereduceerd;

2. 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*[18], *Sporen in Utrecht*[19] en *Doorstroomstation Utrecht*[20];
3. In de beoordeling van de modelresultaten worden drie categorieën onderscheiden:
    a. Gebouwen die voldoen aan het beoordelingskader;
    b. Gebouwen die wel voldoen aan het beoordelingskader, maar waarbij nog een kans op een overschrijding is;
    c. Gebouwen die niet voldoen aan het beoordelingskader.

   Locaties waarvan niet zeker is dat ze voldoen aan het beoordelingskader, komen voor nader onderzoek in aanmerking. Door deze conservatieve manier van beoordeling worden alle locaties (extreme uitschieters uitgezonderd) waar een mogelijke overschrijding is van het beoordelingskader, net zo lang onderzocht totdat duidelijk is dat er geen overschrijdingen zullen optreden. Wanneer in stap 3 van het onderzoek blijkt dat er desondanks overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, dan worden in stap 4 maatregelen ontworpen om de locatie alsnog te laten voldoen aan de streefwaarden.

De maximale trillingssterkte en trillingsintensiteit wordt door Vibra*Dyna* met een betrouwbaarheid van 95 procent bepaald door het model. Bij beoordeling op de Bts speelt vooral de toename in trillingssterkte een belangrijke rol. Om deze toename conservatief genoeg te berekenen, rekent Vibra*Dyna* met simultane probabilisitsche verdelingen van de trillingssterkte per meetpunt.
Voor elke factor die de trillingssterkte beïnvloedt, de correlatie te bepalen tussen deze factor in de referentie- en plansituatie. Door vervolgens een simultane probabilistische verdeling op te stellen van de maximale trillingssterkte in de referentie- en plansituatie, kunnen kansdichtheidscontouren worden getrokken zoals in Figuur I-3. De zwarte punt geeft in dit geval de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie weer.

[18] Boon, ir. P.M., *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400006, 31 maart 2014, versie 1.0
[19] Boon, ir. P.M., *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400005, 31 maart 2014, versie 1.0
[20] Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek,* Movares Nederland B.V., OND-ET-CON-TR-RAP-100, 4 juni 2015, versie 3.0



Figuur I-3 *Voorbeeld trillingssterkte in referentie- en plansituatie (zwarte stip) en kansdichtheidscontouren van mogelijke trillingssterktes (correlatiecoëfficiënt van 0.85)*

Hoe groter de correlatie tussen de beide situaties is (d.w.z., hoe minder veranderingen er zijn tussen referentie- en plansituatie), hoe meer de contouren worden samengetrokken naar de lijn die loopt tussen de zwarte punt en het centrum van de contouren in Figuur I-4, en hoe betrouwbaarder de predictie dus is.
Door de simultane probabilistische verdeling van de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie te integreren over het groene gebied in Figuur I-3, kan een kans worden toegekend aan of een woning voldoet in de plansituatie. Voor de in Figuur I-3 getoonde verdeling en contouren is deze kans bijvoorbeeld gelijk aan 85 procent.
Enkele aandachtspunten bij deze overschrijdingskans:

1. Voor het getoonde voorbeeld is er nog een kans van 15 procent op een overschrijding van de grenswaarden. Bij overschrijdingen is de waarde van de trillingssterkte in de nieuwe situatie waarschijnlijk echter aanzienlijk lager dan de trillingssterkte die weergegeven is door de zwarte stip in Figuur I-4. Op basis van uitgebreid onderzoek is ervoor gekozen om locaties nader te onderzoeken indien de overschrijdingskans groter is dan 80 procent. De overschrijdingskans wordt alleen meegenomen om te bepalen of een woning of deelgebied wordt meegenomen in een vervolgonderzoek, niet bij het al dan niet nemen van maatregelen;
2. In het globale model wordt een eventuele wijziging in taludgeometrie nog niet meegenomen. Daarom wordt in dit model extra conservatief getoetst door te rekenen met een lagere correlatiecoëfficiënt (meer spreiding in resultaten mogelijk).

Bijlage II Beoordelingskader

II.1 Algemeen

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen leiden tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen resulteren in hinder en/of schade. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR richtlijn is hierop gebaseerd.

De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu een *Beleidsregel Trillingshinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is.

In dit onderzoek wordt verstoring aan apparatuur niet onderzocht. Voor het onderzoek naar trillingshinder ten behoeve van het OTB wordt gebruik gemaakt van de Bts, voor het onderzoek naar trillingsschade wordt de SBR A-richtlijn gebruikt. In de volgende paragrafen staan deze de beoordelingskaders achtereenvolgens beschreven.

II.2 Bts (Beleidsregel Trillingshinder Spoor) – beoordelingskader trillingshinder

Tot op heden zijn er nog geen richtlijnen voor trillingshinder vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2012 een *Beleidsregel Trillingshinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is. Naar aanleiding van de uitspraken van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State op 2 oktober 2013 in zake de Tracébesluiten *Sporen in Arnhem 2012* en *Sporen in Utrecht 2012 deeltracé Utrecht Centraal – Houten*, is de Bts gewijzigd om tegemoet te komen aan de kritiekpunten. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de eerdere Bts komen tot uiting in:

- Een nadere invulling van het kosteneffectiviteitscriterium, met een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen. Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[21], uitgevoerd door Witteveen+Bos, RoyalHaskoningDHV en TNO;
- Een aanpassing van de meetprocedure. De trillingssterkte wordt bepaald over een meetperiode van tenminste een week;
- De introductie van een naverwerkingsmethode, met als doel een reproduceerbare maximale trillingssterkte te genereren, die vergelijkbaar is met de methode zoals gehanteerd in de SBR B-richtlijn;
- De introductie van een reproduceerbaarheidswaarde *R*. Deze factor is een indicatie van de onzekerheid in de meting en eventuele prognoses die zijn gemaakt, en geeft aan in hoeverre het resultaat van een herhaling van de meting

[21] MKBA = Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, methodiek om de maatschappelijk gezien acceptabele kosten van een maatregel te bepalen. Zie Ruijgrok, dr. ir. E.C.M. e.a., *Kosteneffectiviteitstoetsing Trillingsreducerende Maatregelen Spoor*, Witteveen+Bos, juni 2013, projectcode ut702-1-1

of berekeningen kan afwijken van het gegeven resultaat. Wanneer deze *R*-waarde hoger is dan 10 procent, wordt bij het beoordelen van de trillingssituatie en het nemen van maatregelen rekening gehouden met deze onzekerheid.

In de Bts wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de grenswaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Dit project valt onder bestaande (gewijzigde) situaties. Bts artikel 1 spreekt van een 'bestaande situatie als een referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer'.
De Bts maakt daarnaast onderscheid tussen de dag- en avondperiode en de nachtperiode. Hierbij geldt dat de grenswaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond.
Om de trillingssterkte in een gebouw te bepalen dient de effectieve trillingssnelheid v_{eff} gemeten te worden in een gebouw gedurende een periode van minimaal een week. Deze effectieve trillingssnelheid wordt bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit voortschrijdend gemiddelde genomen. Middels een statistische procedure wordt vervolgens een waarde bepaald voor $V_{max, Bts}$, zie ook Bijlage IV. Deze waarde wordt gebruikt voor toetsing aan de streefwaarden.

V_{per} is een weergave van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 valt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van de V_{per}. Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling de SBR B-richtlijn.

II.2.1 Normstelling in de Bts

De grenswaarden in de Bts verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en zijn verschillend per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte* (gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en kantoren en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel II - 1 voor de normstelling voor bestaande situaties.
De Bts kent drie grenswaarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

Tabel II - 1 *Normstelling bestaande situatie volgens Bts*

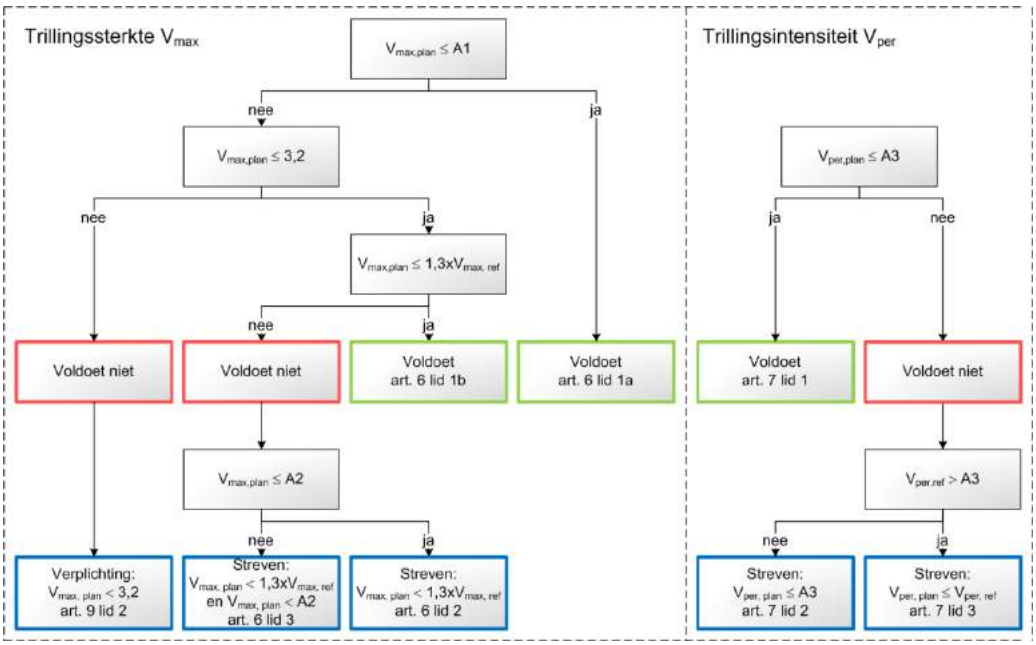
	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

II.2.2 Beoordeling van trillingssituatie

Voor het beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts voor bestaande situaties moet het schema in Figuur II - 1 worden doorlopen. Dit schema geeft aan

wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3;
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 en de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2.
3.



Figuur II - 1 *Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts*

II.3 SBR richtlijn deel A – beoordelingskader trillingsschade

II.3.1 Schade als gevolg van treinverkeer

Bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot schade aan gebouwen in de omgeving van de werkzaamheden. Heien, het intrillen van damwanden en sloopwerkzaamheden kunnen hoge trillingsnelheden veroorzaken, die zeker op korte afstand van de trillingsbron tot schade in gebouwen kunnen leiden.

II.3.2 Schade ten gevolge van treinverkeer

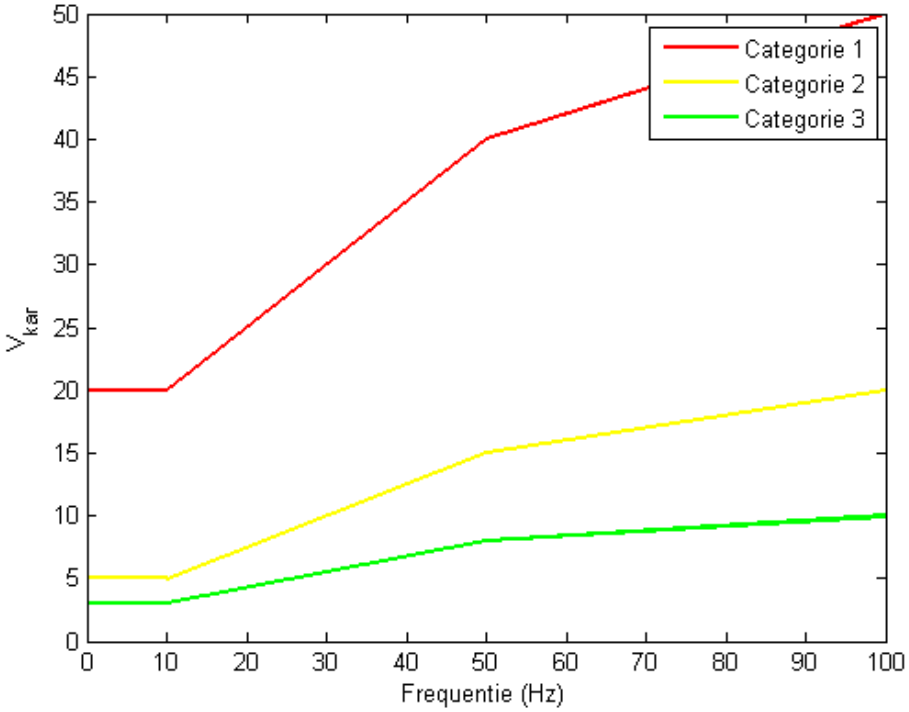
De sterkte van trillingen ten gevolge van treinverkeer zijn voor vrijwel alle gebouwen te gering om schade aan gebouwen te veroorzaken. Op afstanden groter dan 10 meter vanaf de spoorbaan is de trillingssnelheid, gemeten aan de fundering, zonder uitzondering kleiner dan 2 mm/s. Voor de meeste woningen (categorie 2 conform de SBR A-richtlijn) wordt een grenswaarde voor de trillingssnelheid van 5 mm/s aangehouden, voor monumentale panden (zoals Valkenbergweg 2, categorie 3 conform de SBR A-richtlijn) geldt een strengere grenswaarde van 3 mm/s. Onder deze grens is de kans op schade kleiner dan 1 procent. Uit de metingen blijkt dat dergelijke trillingssterktes niet optreden, schade ten gevolge van treinverkeer in de exploitatiefase is daarmee zeer onwaarschijnlijk.

II.3.3 Algemeen

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. schade volgens SBR A-richtlijn worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria:

1. Type bouwwerk. Er worden drie verschillende typen van bouwwerken onderscheiden:
    a. Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van een draagconstructie indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout en draagconstructies van bouwwerken die geen gebouw zijn en bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke;
    b. Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk; in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen;
    c. Categorie 3: onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde. In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of onderdelen daarvan.

    De grenswaarden per categorie zijn weergegeven in Figuur II - 3.



Figuur II - 3 *Grenswaarden in SBR A-richtlijn*

2. Type trillingsbron. Er worden drie verschillende typen van trillingsbronnen onderscheiden, elk met een eigen veiligheidsfactor:
    a. Bronnen die incidenteel voorkomende kortdurende trillingen veroorzaken ten gevolge van een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat er geen rekening behoeft te worden gehouden met vermoeiingseffecten van constructiematerialen.

Voorbeelden van dit type trillingen zijn explosies en botsingen. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.0;

b. Bronnen die herhaalde kortdurende belastingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden bronnen verstaan die zodanig vaak voorkomen dat met vermoeiingseffecten in materialen rekening moet worden gehouden. Een voorbeeld van dit type trillingen is heiwerkzaamheden. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.5;

c. Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld. Resonanties en / of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een gebouw kunnen optreden. Voorbeelden van dit type trillingen zijn machines met roterende onderdelen, vibratoren, verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen en het inbrengen van damwanden d.m.v. trilblokken. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 2.5.

In dit onderzoek wordt schade gerelateerd aan de bouw van kunstwerken. Het gaat dan om bouw- en sloopwerkzaamheden waarbij heipalen worden aangebracht en damwanden worden ingetrild. Deze trillingsbronnen vallen onder categorie 2. De bijbehorende veiligheidsfactor is 1.5. De grenswaarden dienen door deze veiligheidsfactor te worden gedeeld.

3. Type meting. Afhankelijk van hoeveelheid meetpunten, is opnieuw een driedeling gemaakt:

a. Indicatieve meting. Bij een indicatieve meting wordt slechts op één meetpunt in drie richtingen gemeten. Dit meetpunt wordt gemonteerd op een stijf punt aan de fundering. De gekozen horizontale richtingen worden zoveel mogelijk gekozen overeen komend met de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.6;

b. Beperkte meting. Bij een beperkte meting wordt ten minste in één meetpunt op het begane grondniveau en ten minste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten. De veiligheidsfactor is 1.4;

c. Uitgebreide meting. Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting. (een uitgebreide beschrijving is in de SBR trillingsrichtlijn deel A gegeven). De veiligheidsfactor is 1.0;

In dit onderzoek wordt nog geen gebruik gemaakt van meetpunten, daarom wordt de hoogste veiligheidsfactor (1.6, indicatieve meting) gehanteerd.

II.3.4 Toetsing

Na de grenswaarden voor een bepaald gebouw gedeeld te hebben door de partiële veiligheidsfactor behorend bij het type trillingsbron, kan de met behulp van berekeningen bepaalde trillingssnelheid ten gevolge van werkzaamheden getoetst worden aan de grenswaarde. Daar bovenop wordt een veiligheidsfactor gehanteerd.

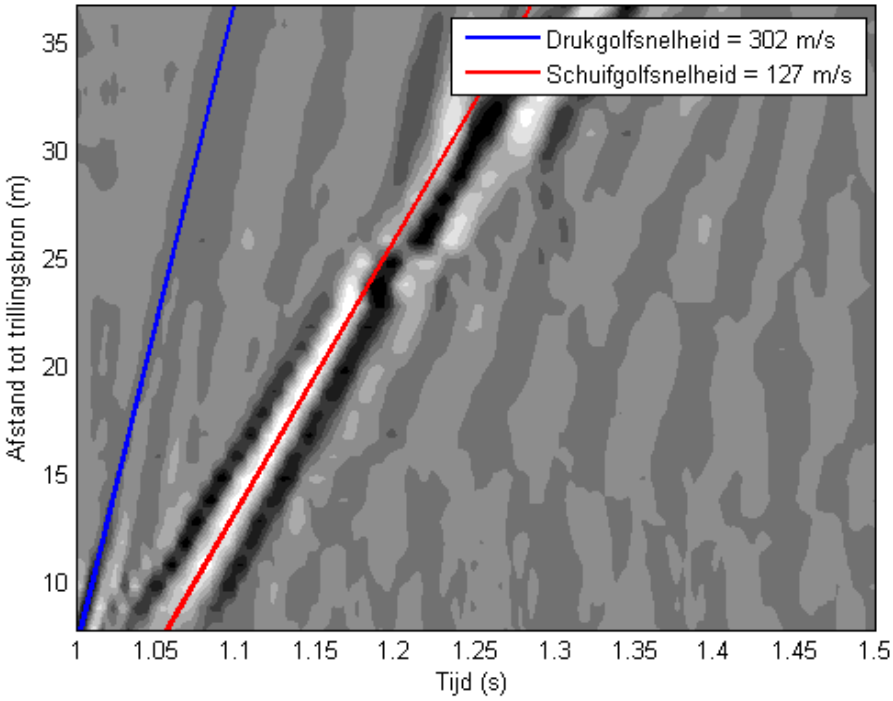
In dit onderzoek wordt aangegeven voor hoeveel gebouwen een overschrijding van de SBR A-richtlijn wordt geprognosticeerd. Deze toetsing vindt alleen plaats in de nabijheid van hei- en trilwerkzaamheden.

Bijlage III Resultaten bodemonderzoek en maaiveldmetingen

Voor de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd aan de bodemopbouw en treinpassages. De bodemopbouw is bepaald met behulp van valproefmetingen.

III.1 Valproeven

Bij de valproeven is er gebruik gemaakt van een kunstmatige gecontroleerde bron die de bodem in trilling brengt. Trillingssensoren registreren de resulterende bodemtrillingen. Door de trillingssensoren in een rij op de bodem te plaatsen, kunnen de loopsnelheden van de verschillende typen trillingsgolven (drukgolf en schuifgolf) bepaald worden. De schuifgolf is de dominante trillingsgolf. Een voorbeeld hiervan staat in Figuur III - 1. In deze figuur zijn de geregistreerde trillingen in de tijd uitgezet tegen de afstand tot de trillingsbron.



Figuur III - 1 *Voortplanting van trillingen in de bodem*

Als kunstmatige trillingsbron is gebruik gemaakt van valproefopstelling met een valgewicht van 60 kg, zie Figuur III - 2. Het valgewicht valt van een hoogte van ongeveer 2 m op de bodem en genereert daarmee een trilling.

Figuur III - 2 *Opstelling valgewicht (links) en de positie van de trillingssensor (rechts)*

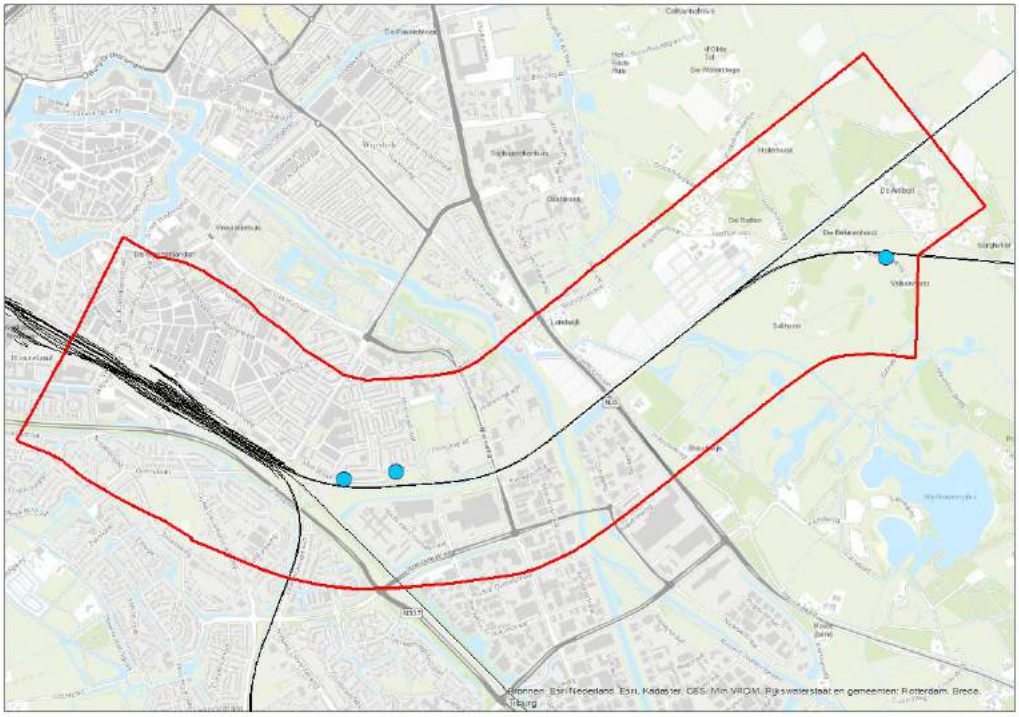
Door de afstand tussen trillingsbron en trillingsopnemers te variëren kan op elke willekeurige afstand tot de trillingsbron de trillingssterkte worden gemeten als functie van de tijd. Door per positie een aantal trillingssignalen te middelen neemt de invloed van de achtergrondtrillingen (ruis) af.

Door de trillingssignalen als functie van de tijd te transformeren naar het frequentie-domein (Fourier-transformatie) kan voor elke afstand tot de trillingsbron een tertsbandspectrum worden gegenereerd. Vervolgens kan met behulp van de zogenaamde Barkanvergelijking de trillingssterkte op een willekeurige afstand tot het spoor worden bepaald. De gebruikte Barkanvergelijking luidt:

$$V(r, f) = V(r_0, f)\frac{r_0}{r}^{n(f)} e^{-\alpha(f)(r-r_0)}$$

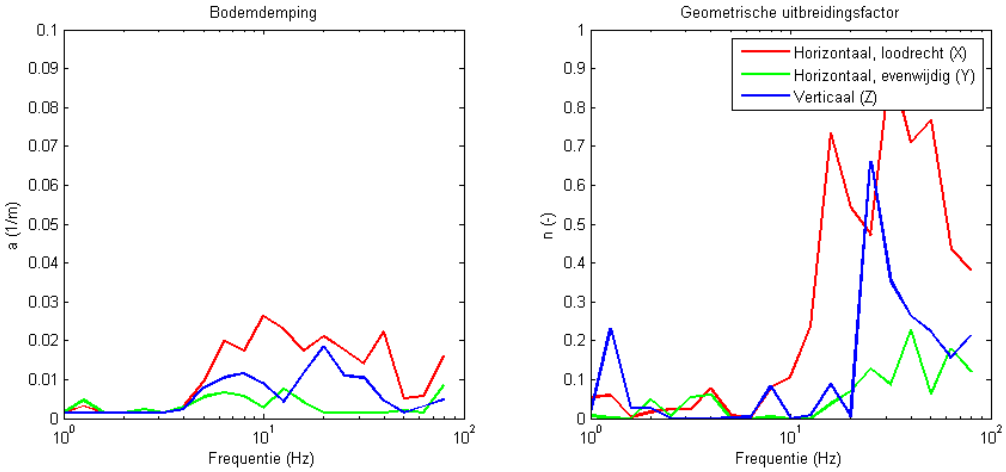
Hierin is *V(r,f)* de trillingssterkte op een willekeurige afstand *r* tot de trillingsbron, r_0 een referentieafstand, *n* een frequentieafhankelijke factor die de geometrische uitbreiding van de trillingen beschrijft en *α* een frequentieafhankelijke factor die de bodemdemping beschrijft. Met behulp van de kleinste-kwadratenmethode is deze relatie voor elke frequentie in het tertsbandspectrum te bepalen.

De valproeven voor het project *Zwolle-Herfte* zijn uitgevoerd op in totaal 3 locaties, verdeeld langs het tracé, zie Figuur III - 3.

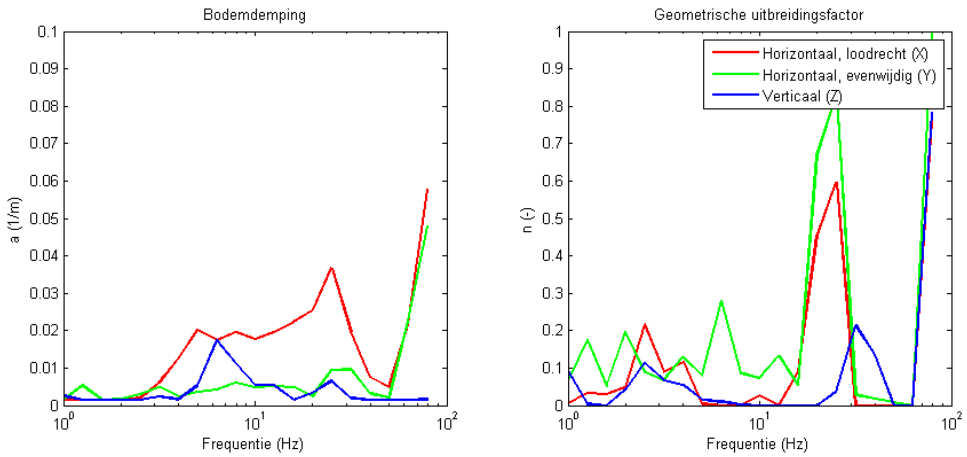


Figuur III - 3 *Locaties voor valproeven en maaiveldmetingen*

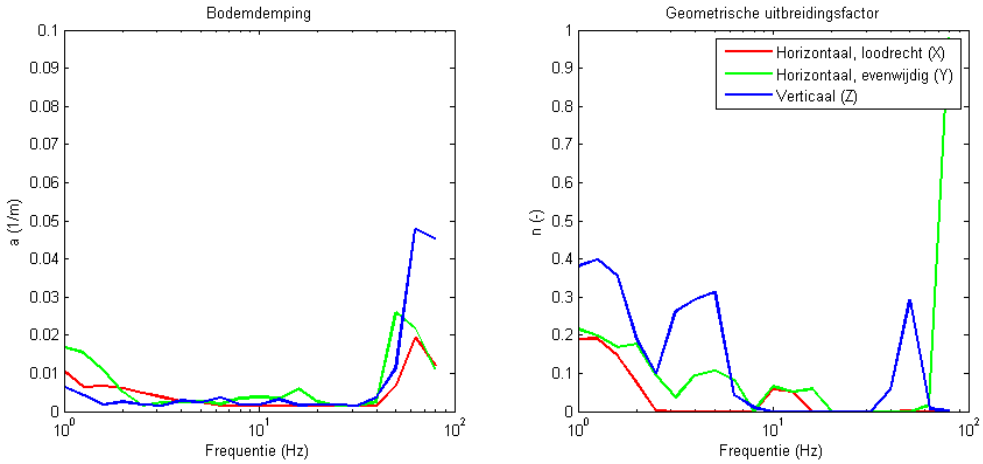
Op alle 3 locaties zijn valproeven uitgevoerd, op een deel van de locaties zijn ook maaiveldmetingen verricht. De beelden van de valproeven (dempingsparameter en geometrische uitbreidingsfactor) zijn per locatie weergegeven in Figuur III - 4 tot en met Figuur III - 6.



Figuur III - 4 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Mimosastraat west.*



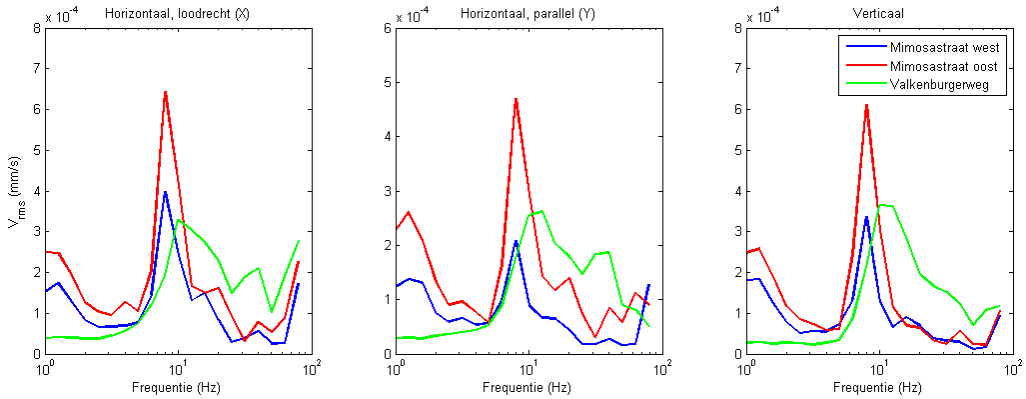
Figuur III – 5 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Mimosastraat oost*



Figuur III – 6 *Dempingsparameter (linksonder) en geometrische uitbreidingsfactor als functie van de frequentie (rechtsonder). De meting is verricht aan de Valkenbergweg*

III.2 Maaiveldmetingen

Naast de valproefmetingen zijn ook maaiveldmetingen uitgevoerd aan passerende treinen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een aantal sensoren op verschillende afstanden tot de sporen. Door per treinpassage het tertsbandspectrum van de trillingen te registreren, is per locatie een gemiddeld tertsbandspectrum vastgesteld. Deze gemeten trillingssignalen zijn weergegeven in Figuur II - 7.

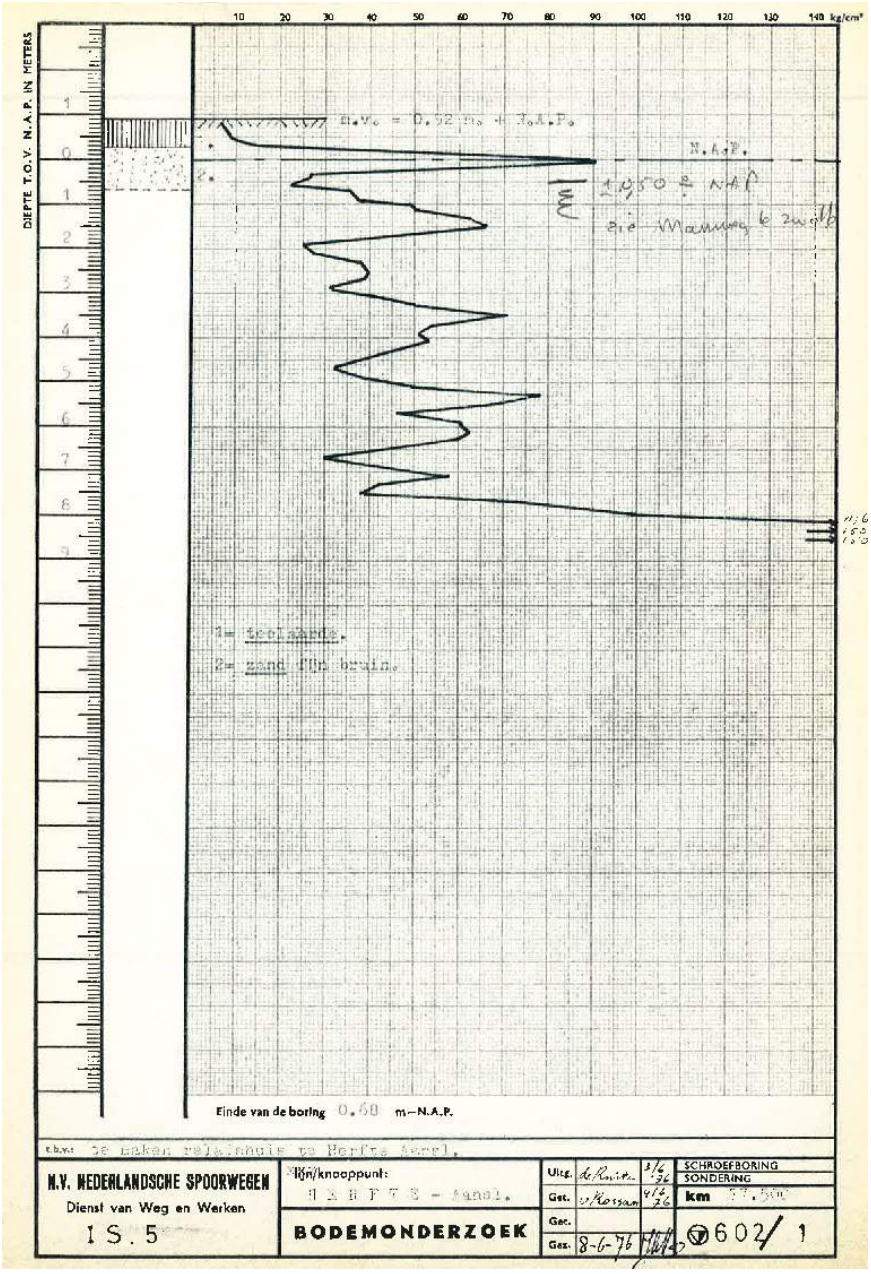


Figuur III - 7 *Voor snelheid genormaliseerde tertsbandspectra voor treintype GTW*

Bij de Valkenbergweg is te zien dat het spectrum iets naar rechts is verschoven, dit komt door de hogere rijsnelheid op die locatie. De piek rond 10 Hz bij de Mimosastraat oost komt waarschijnlijk doordat daar lokaal sprake is van een iets slechtere spoorligging.

III.3 Gebruikte sondering

In dit onderzoek is, onder meer voor het opstellen van de 3D eindige elementenmodellen van de maatregelen voor de Herfterlaan, gebruik gemaakt van sonderingen. De gebruikte sondering is LC602, zie Figuur III - 4. De bijbehorende grondparameters zijn weergegeven in Tabel III - 1.



Figuur III - 4 *Gebruikte sondering LC602*

Tabel III - 1 *Gebruikte grondparameters voor 3D-modellen Herfterlaan*

Grondsoort	diepte [m] van	diepte [m] tot	q_c [MPa]	f_s [MPa]	f_w [%]	G_{dyn} [MPa]	r [kg/m^3]	ν [-]	C_{schuif} [m/s]	ζ [%]
zand, kleiig	1.0	0.3	0.8	1.0	7	1700	0.4	0.4	64	3
zand	0.3	-0.3	5.8	0.5	50	1700	0.4	0.4	171	3
zand, kleiig	-0.3	-0.8	2.7	1.0	23	1900	0.45	0.45	111	3
zand	-0.8	-1.7	5.2	0.5	45	1900	0.45	0.45	153	3
zand, kleiig	-1.7	-2	3.3	1.0	28	1900	0.45	0.45	122	3
zand, kleiig	-2	-3	3.3	1.0	28	1900	0.45	0.45	122	3
zand	-3	-4.2	5.3	0.5	46	1900	0.45	0.45	155	3

zand	-4.2	-5	3.7	0.5	32	1900	0.45	0.45	129	3
zand	-5	-5.7	6.2	0.5	53	1900	0.45	0.45	168	3
zand	-5.7	-6.4	5.7	0.5	49	1900	0.45	0.45	161	3
zand	-6.4	-7	3.6	0.5	31	1900	0.45	0.45	128	3
zand	-7	-7.3	5.2	0.5	45	1900	0.45	0.45	153	3
zand	-7.3	-8	4.5	0.5	39	1900	0.45	0.45	143	3
zand	-8	-10	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3
zand	-10	-12	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3
zand	-12	-15	15.0	0.3	129	2000	0.45	0.45	254	3

Bijlage IV Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Ten behoeve van de derde stap van het trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd op een aantal locaties. Deze metingen zijn onbemand uitgevoerd met behulp van een meetcomputer die continu (gedurende minimaal een week) de trillingssignalen meet. Aan deze meetcomputer is een webcam gekoppeld die de treinen registreert. Om een dataset met trillingen van treinverkeer te genereren wordt de volgende procedure doorlopen om te garanderen dat alle door treinen veroorzaakte trillingen in beschouwing worden genomen en dat niet-spoorgerelateerde trillingen buiten beschouwing worden gelaten:

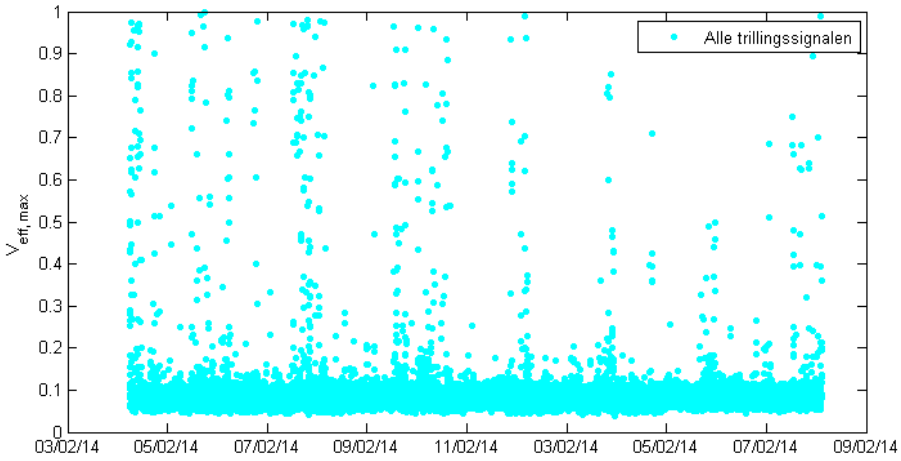
1. Stap 1: met behulp van gegevens over de passagetijden[22] en videobeelden zijn de treinen gemarkeerd. De lijst met passagetijden is gebruikt om te verifiëren dat alle passerende treinen (ook in de nacht) daadwerkelijk zijn gemarkeerd: het aantal treinen in de database komt overeen met het aantal gemarkeerde treinen.
2. Stap 2: bij de meting wordt gebruik gemaakt van meerdere sensoren. Met behulp van spectraalanalyse[23] worden de trillingssignalen van beide sensoren op elkaar gedeeld. Hierdoor kunnen lokale fenomenen (bijvoorbeeld voetstappen in de ene ruimte) worden uitgefilterd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de videobeelden om te verifiëren of de uitgefilterde signalen daadwerkelijk vervuild zijn met voetstappen;
3. Stap 3: met behulp van spectraalanalyse worden afwijkende trillingssignalen nader geanalyseerd. Signalen met een sterk afwijkend frequentiespectrum zijn vaak vervuild met werkzaamheden buiten of passerend vrachtverkeer. Omdat deze trillingen niet te wijten zijn aan passerende treinen, worden deze trillingen apart gemarkeerd als zijnde achtergrondtrillingen;
4. Stap 4: de hoogste waarden uit de dataset worden nogmaals gecontroleerd of het niet-vervuilde treinsignalen zijn of niet. Elke trein wordt gemarkeerd met de bijbehorende spoorafstand. Alle niet spoorgerelateerde trillingsbronnen worden apart gemarkeerd. In de datasets in het meetrapport zijn deze trillingsbronnen eveneens weergegeven.

Deze stappen worden met behulp van een voorbeeldsituatie nader toegelicht in deze bijlage.

VI.1 Verwerking van ruwe meetdata

Na het uitvoeren van de meting wordt de ruwe data geconverteerd naar $V_{eff,max}$-waarden per 30 seconden, conform de procedure in de SBR B-richtlijn. Per meetlocatie is deze bewerkte meetdata eventueel opvraagbaar. Een voorbeeld van een dergelijk resultaat is weergegeven in Figuur IV - 1. Elk punt stelt een 30-secondeperiode voor. In de resultaten is duidelijk zichtbaar dat er periodieke verstoringen optreden, die met een dag-nacht ritme terugkeren.

[22] Deze passagetijden zijn opgevraagd bij ProRail
[23] Spectraalanalyse is het onderzoeken van het frequentiespectrum van een trillingssignaal. Hierbij wordt naar de verschillende frequenties gekeken.



Figuur IV - 1 *Meetdata, $V_{eff, max}$ per 30 seconden*

VI.2 Stap 1 – Toekennen van treinpassages aan 30-seconde periodes

In de eerste stap van de verwerkingsprocedure wordt gekeken of binnen een bepaalde 30-secondeperiode een trein passeert, en zo ja, om welk type trein het gaat en over welk spoor deze trein rijdt. Deze eerste selectie vindt bij voorkeur plaats met behulp van gegevens over de passagetijden van alle treinen, en wordt eventueel geverifieerd met behulp van de videobeelden. Door deze dubbele procedure wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen worden meegenomen in de analyse.

Een voorbeeld wordt hieronder toegelicht.

Voorbeeldsituatie

De gegevens per treinpassage geven voor verschillende zogenaamde 'dienstregelpunten' de passagetijd van elke gepasseerde trein aan. Per passage en per dienstregelpunt zijn het unieke treinnummer, de vervoerder, het treintype, de rijrichting en het type trein opgenomen. Met deze gegevens kan een inschatting worden gegeven van de passagetijd van elke trein op de meetlocatie.

In deze voorbeeldsituatie zijn er passagegegevens van een trein met treinnummer 104 van vervoerder NSR (NS Reizigers) op de passagepunten *Ut* en *Utoa*, zie Figuur IV - 2. De locaties van deze passagepunten zijn bekend, de meetlocatie ligt ongeveer halverwege tussen deze punten in. Verder is de richting van de trein en het type trein (*IC*) aangegeven. Op basis van de passagetijden en de locatie is de verwachting dat deze trein tussen 12:42:30 en 12:43:15 passeert.

ProRail

PAB Detailtreinactiviteiten

							Plantijd	Rijkarakteristiek
Dag	Vervoerder	Treinnummer	Rijrichting	Rijvolgorde	Dienstregelpunt	Activiteit	Uitvoering	Uitvoering
24-02-2014	NSR	104	VB	540	Ut	V	21-jul-2013 12:42:00	IC
24-02-2014	NSR	104	VB	550	Utoa	D	21-jul-2013 12:43:58	IC
24-02-2014	NSR	105	NB	180	Utoa	D	21-jul-2013 12:44:26	ICE
24-02-2014	NSR	105	NB	190	Ut	A	21-jul-2013 12:46:43	ICE

Figuur IV - 2 *Voorbeeldgegevens treinpassages*

Elk type trein heeft verder een karakteristiek trillingsspectrum. Voor de verschillende 30-secondeperiodes waarin de treinpassage kan hebben plaatsgevonden, wordt het karakteristieke trillingsspectrum van de passerende trein vergeleken met het trillingsspectrum van die 30-secondeperiode. Middels een gewogen[24] kleinste kwadratenmethode[25] wordt bepaald welke periode van 30 seconden het best passend is, deze periode wordt gemarkeerd als zijnde de treinpassage.

Op een deel van de locaties vindt aanvullend geautomatiseerde verificatie plaats op basis van beeldverwerking van de videobeelden, zie Figuur IV - 3.Hierbij worden opeenvolgende videobeelden geautomatiseerd met elkaar vergeleken om te bepalen of er een trein passeert, en zo ja, in welke richting en met welke rijsnelheid.

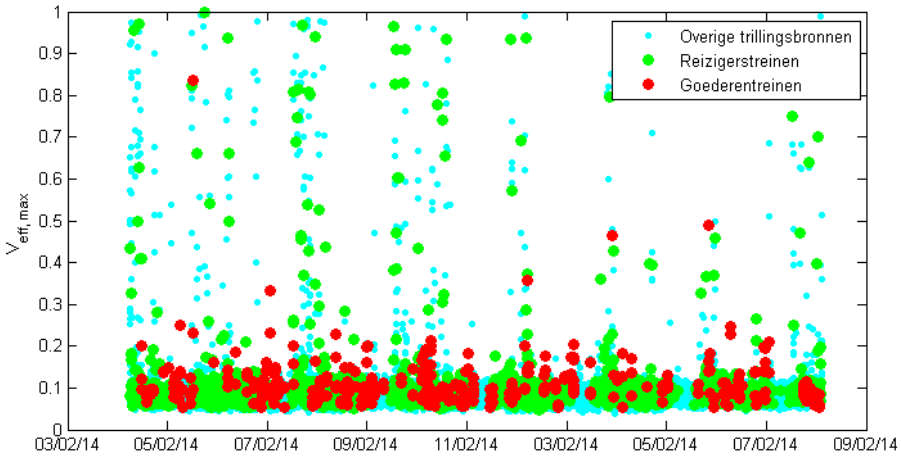
Figuur IV - 3 *Videobeelden en triilingssignalen*

Op deze manier wordt gegarandeerd dat alle gepasseerde treinen ook daadwerkelijk worden gemarkeerd als zijnde een trein.

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 4. De blauwe stippen zijn geen treinen, de overige als trein gemarkeerde stippen zijn mogelijk treinen maar

[24] Gewogen voor trillingssterkte, zodat sterkere trillingssignalen zwaarder worden meegenomen dan minder sterke trillingssignalen
[25] Kleinste kwadratenmethode is een rekenmethode om een verdeling punten te vergelijken met bijvoorbeeld een berekende waarde. De methode geeft aan welke punten het dichtst bij de berekende waarde liggen.

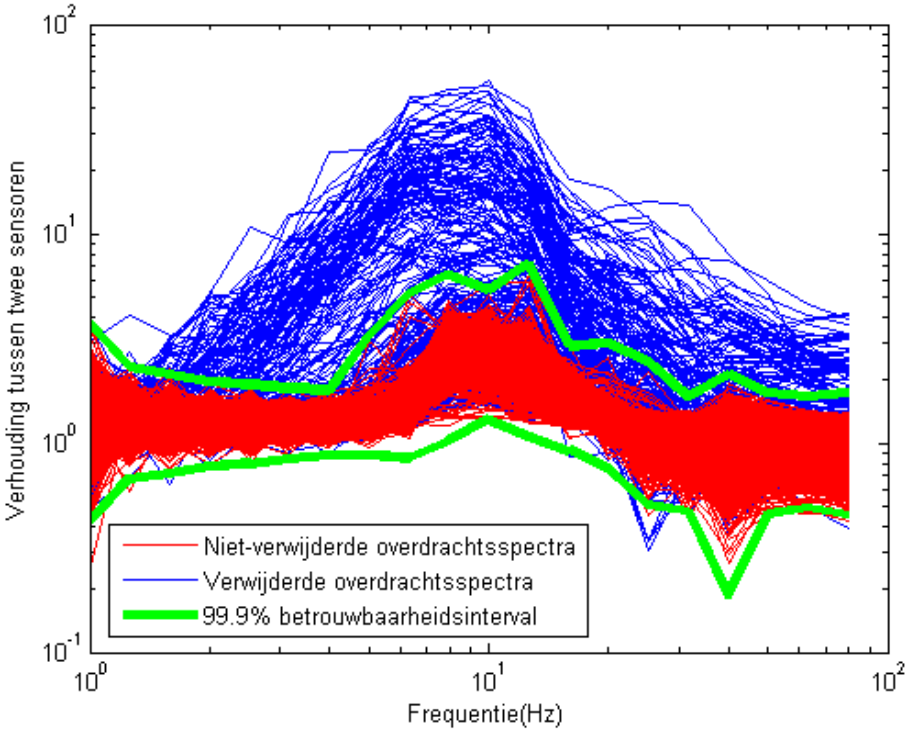
kunnen ook vervuild zijn. In vervolgstappen worden deze vervuilde signalen verwijderd.



Figuur IV - 4 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages*

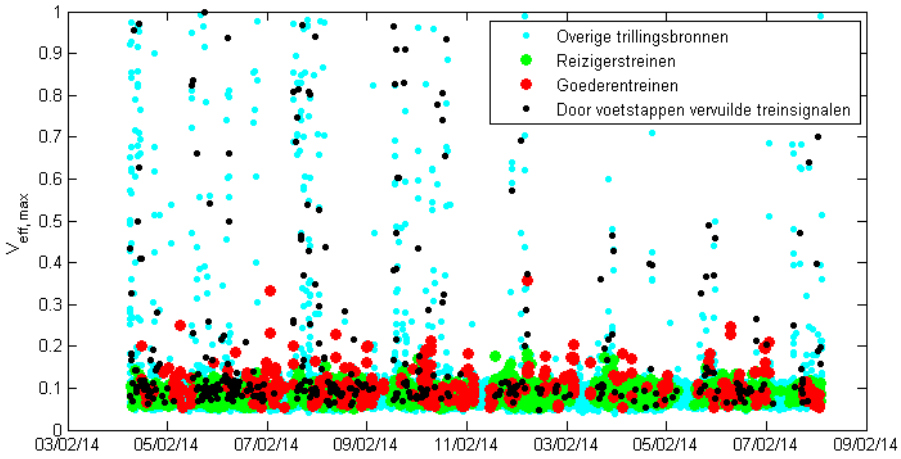
VI.3 Stap 2 – Uitfilteren van interne verstoringen, zoals voetstappen

Omdat gebruik wordt gemaakt van meerdere sensoren, kunnen de trillingsspectra van de verschillende sensoren op elkaar worden gedeeld. Hierdoor worden lokaal optredende trillingen, zoals voetstappen, inzichtelijk gemaakt. Deze voetstappen vertonen immers alleen een uitslag op een van beide sensoren. Een voorbeeld van deze selectie op trillingsspectra is weergegeven in Figuur IV - 5. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in overdrachten en geverifieerd in de videobeelden.



Figuur IV - 5 *Spectraalanalyse in stap 2*

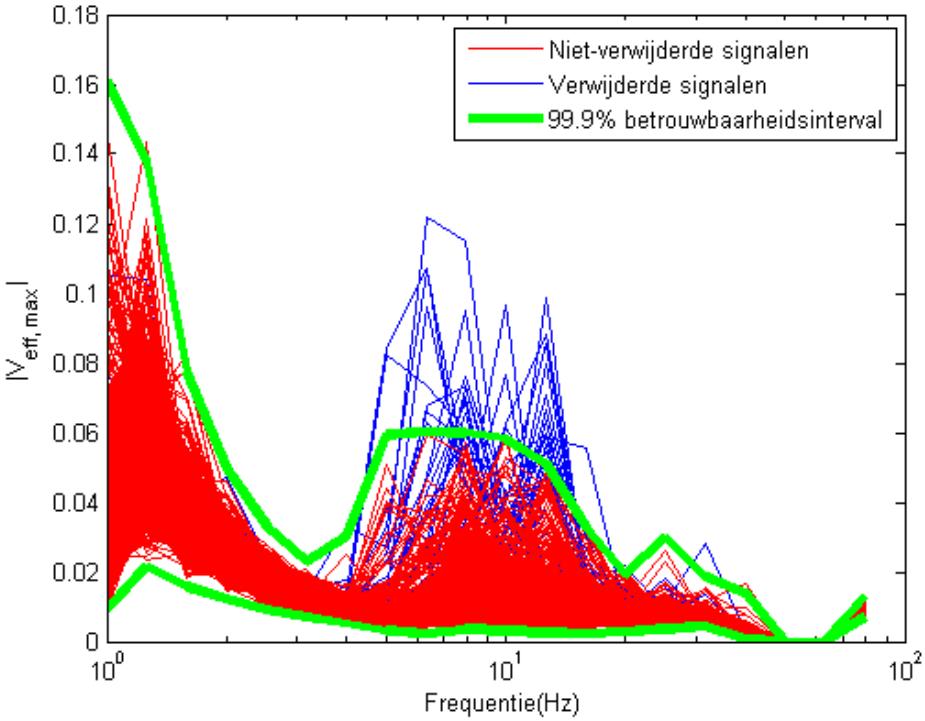
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 6.



Figuur IV - 6 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages en uitgefilterde lokale trillingsbronnen*

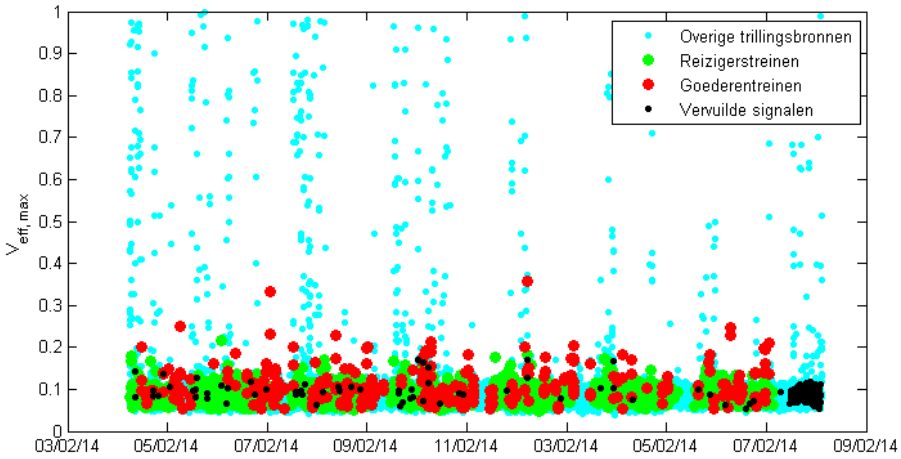
VI.4 Stap 3 – Uitfilteren van externe verstoringen

Conform het memo van Level Acoustics worden niet-spoor gerelateerde gebeurtenissen, zoals wegverkeer en bouwwerkzaamheden, verwijderd uit de dataset. In het geval van externe verstoringen, zoals de passage van vrachtauto's of het gelijktijdig uitvoeren van werkzaamheden buiten het gebouw, kunnen deze verstoringen worden uitgefilterd met behulp van spectraalanalyse. Deze spectraalanalyse vindt per treintype plaats, zodat duidelijk zichtbaar wordt welke 30-secondeperiodes sterk afwijkende trillingsspectra hebben. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur IV - 7. De selectiecriteria worden vastgesteld op basis van de spreiding in signalen en geverifieerd met behulp van de videobeelden.



Figuur IV - 7 *Spectraalanalyse in stap 3*

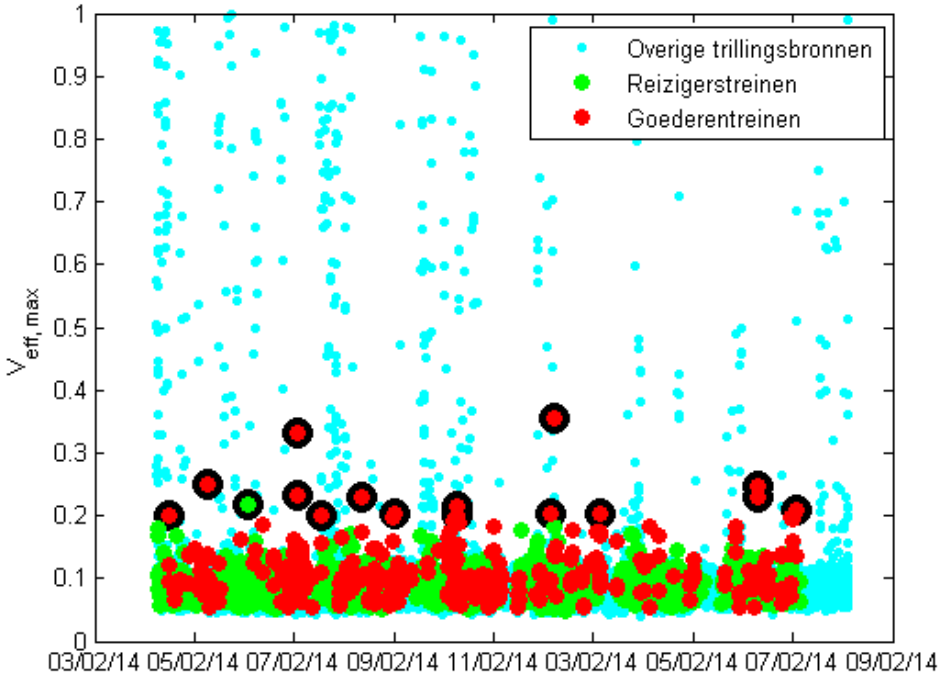
Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 8.



Figuur IV - 8 *Meetdata met gemarkeerde treinpassages en externe trillingsbronnen*

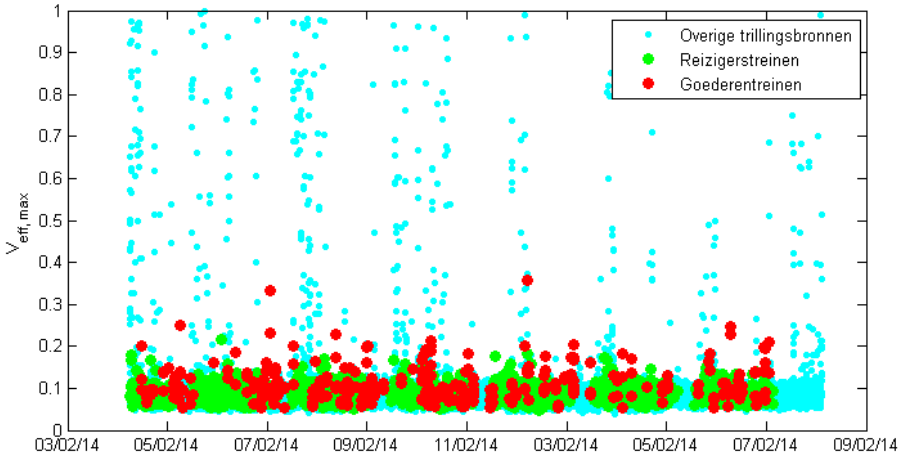
VI.5 Stap 4 – Controle van hoogste waarden

Als laatste controlestap worden alle hoge trillingssignalen nogmaals gecontroleerd op vervuiling door andere trillingsbronnen. Deze laatste controle vindt handmatig plaats in de meetsoftware. Hierbij worden de trillingssignalen en videobeelden beschouwd op afwijkingen en verstoringen. Een voorbeeldselectie van te controleren trillingssignalen (zwart omcirkelde meetpunten) voor dit voorbeeld is weergegeven in Figuur IV - 9.



Figuur IV - 9 *Te controleren treinsignalen in stap 4*

Het resultaat van deze stap is weergegeven in Figuur IV - 10. Dit is de uiteindelijke dataset waarover de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} worden bepaald.



Figuur IV - 10 *Schone dataset met treinpassages*

VI.6 Naverwerkingsprocedure

De naverwerkingsprocedure zoals die is toegepast in dit trillingsonderzoek is gebaseerd op optie 1 uit het memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics, waarbij gedurende minimaal 7 x 24 uur op diverse meetpunten in een gebouw is gemeten en de trillingen van alle meetrichtingen zijn vastgelegd. Vervolgens wordt de volgende naverwerkingsprocedure gestart:

1. Er wordt vastgesteld op grond van hoeveel meetdagen de verzameling $V_{eff,\ max,\ i}$ – waarden tot stand is gekomen. Deze parameter wordt *#meetdagen* genoemd;
2. Alle gebeurtenissen met een $V_{eff,max,i}$ groter dan 0.02 op de fundering worden geselecteerd. Indien geen funderingspunt is gekozen, dan wordt gekozen voor een meetpunt op de laagst beschikbare verdieping waarbij $V_{eff,max,i}$ groter dient te zijn dan 0.05;
3. Vervolgens wordt een iteratieve procedure gestart:
    a. Per meetpunt wordt een *top50%* bepaald;
    b. De grootte van deze *top50%* wordt vastgesteld, *#top50%*;
    c. Van de *top50%* wordt de natuurlijke logaritme genomen:

$$\log\left(V_{eff,\max,i}\right)$$

    d. Vervolgens wordt hierover het gemiddelde μ en de standaarddeviatie σ bepaald:

$$\mu = gemiddelde\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$
$$\sigma = standaardafwijking\left\{\log\left(V_{eff,\max,i}\right)\right\}$$

    e. De betrouwbaarheidscoefficient β wordt vastgesteld volgens de formule:

$$\beta = t^{-1}\left[1 - \frac{\left(\frac{\#\,meetdagen}{7}\right)}{\#\,top50\%}; \#\,top50\% - 1\right]$$

f. Vervolgens wordt $V_{max,\,Bts}$ per meetpunt en meetrichting bepaald volgens de formule:

$$V_{\max,Bts} = e^{\mu+\beta\cdot\sigma}$$

g. Een volgende iteratiestap wordt ingegaan wanneer

$$\#\left\{V_{eff,\max,i} > V_{\max,Bts}\right\} > \frac{\#\,meetdagen}{7} \quad \text{en} \quad \#\,top50\% > 15\cdot\frac{\#\,meetdagen}{7}$$

Hierbij geeft het eerste criterium aan hoeveel gebeurtenissen er zijn waarvan de trillingssterkte hoger is dan $V_{max,\,Bts}$ van dat meetpunt en die meetrichting. Wanneer het aantal gebeurtenissen met een trillingssterkte groter dan $V_{max,\,Bts}$ groter is dan een keer per week, wordt voldaan aan de eerste eis om nogmaals te itereren.
Het tweede criterium geeft aan dat nogmaals geitereerd moet worden wanneer het aantal waarden in de bepaling van de $V_{max,\,Bts}$ groter is dan 15 per week. Wanneer een nieuwe iteratiestap nodig is, dan wordt deze uitgevoerd volgens bovenstaande stappen, waarbij de huidige top50 de basis vormt om een nieuwe top50 te bepalen.
De iteratiestappen worden net zo lang herhaald totdat niet langer aan het criterium wordt voldaan, of wanneer het aantal gebeurtenissen met een trillingssterkte die groter is dan $V_{max,\,Bts}$ toeneemt. In dat geval worden de resultaten uit de voorlaatste iteratiestap herhaald.

4. Vervolgens wordt de reproduceerbaarheid *R* per meetpunt en richting bepaald:

$$R = 100\%\cdot\sqrt{\frac{2\cdot\left(1+\beta^2\right)\cdot\sigma^2}{\#\,topX\%}}$$

5. De toetswaarde voor $V_{max,\,Bts}$ wordt als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} V_{\max,Bts} & \text{als } R \le 10\% \\ V_{\max,Bts}\cdot\left(1+\frac{R}{100\%}\right) & \text{als } R > 10\% \end{array}$$

6. Te toename van $V_{max,\,Bts}$ is een verhouding tussen de plan- en referentiesituatie, de zogenaamde *Q*-waarde. Hiervoor wordt in de Bts een grenswaarde van 1.3 gehanteerd. *Q* wordt als volgt bepaald:

$$Q = \frac{V_{\max,Bts,plansituatie}}{V_{\max,Bts,referentiesituatie}}$$

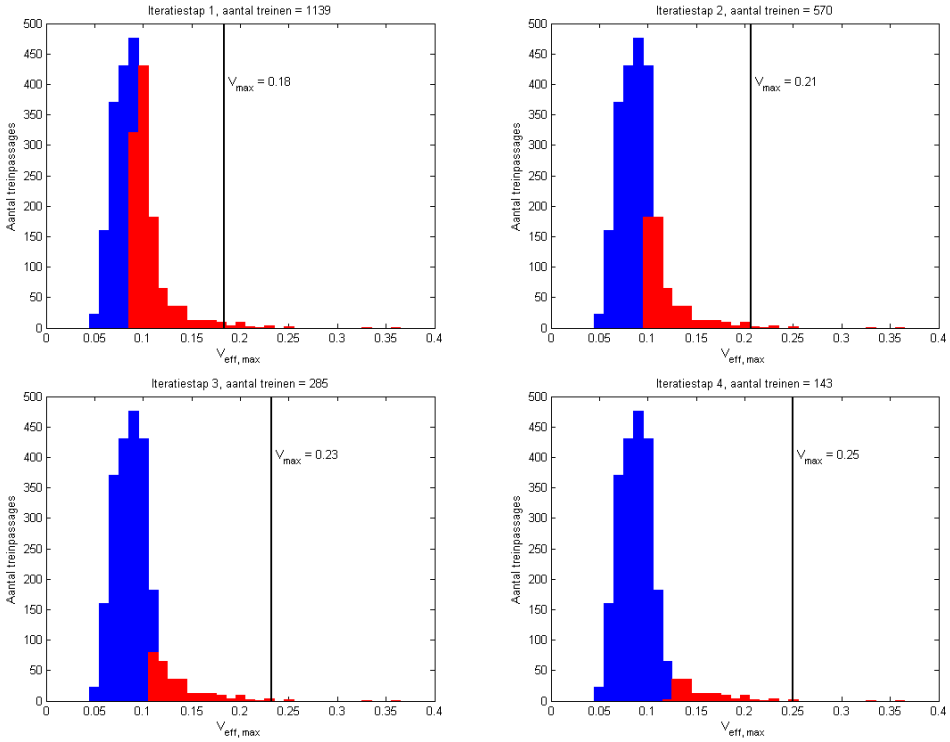
Hierbij wordt de $V_{max,\ Bts}$ zonder eventuele correctiefactor gebruikt. De onzekerheid in de toename Q wordt bepaald volgens de formule:

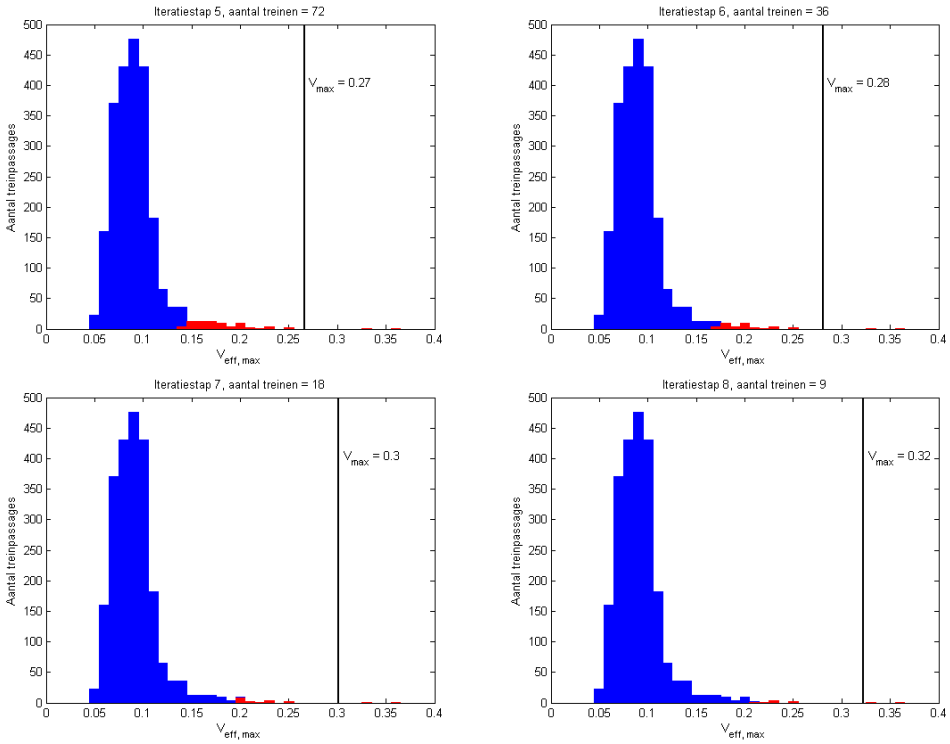
$$R_Q = \sqrt{R^2_{referentiesituatie} + R^2_{plansituatie}}$$

De waarde van Q wordt dan als volgt bepaald:

$$\begin{array}{ll} Q & \text{als } R_Q \leq 14\% \\ Q \cdot \left(1 + \dfrac{R}{100\%}\right) & \text{als } R_Q > 14\% \end{array}$$

Deze naverwerkingsprocedure leidt in de voorbeeldsituatie tot het volgende iteratieschema, zie de histogrammen in Figuur IV - 11 per iteratiestap. In blauw zijn alle treinen weergegeven, in rood de in de bepaling van $V_{max,Bts}$ meegenomen treinen. De resultaten per iteratiestap zijn opgenomen in Tabel IV - 1.





Figuur IV - 11 *Resultaten voor de acht iteratiestappen*

Tabel IV - 1 *Resultaten van de acht iteratiestappen*

Iteratiestap	$V_{max, Bts}$	R	topX%	#topX%	σ	μ	β
1	0.18	2.44	50	1139	0.177	-2.25	3.14
2	0.21	3.51	25.0	570	0.191	-2.14	2.93
3	0.23	4.94	12.5	285	0.203	-2.02	2.72
4	0.25	6.09	6.28	143	0.192	-1.87	2.49
5	0.27	7.31	3.16	72	0.178	-1.73	2.25
6	0.28	8.62	1.58	36	0.165	-1.60	1.99
7	0.30	11.2	0.79	18	0.171	-1.49	1.67
8	0.32	14.5	0.40	9	0.185	-1.38	1.33

Bijlage V Resultaten onderzoek naar trillingshinder

Deze bijlage bevat een overzicht en schets van de meetopstelling, de resultaten van de metingen en de berekening voor de referentie- en plansituatie voor alle meetlocaties.

V.1 Herfterlaan 17

De meetlocatie Herfterlaan 17 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V- 1.

Figuur V- 1 *Gevel Herfterlaan 17*

In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 12) en twee meetpunten zijn berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensoren 20, 25):

1. Een driedimensionale trillingssensor (12) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (20) op de 1e verdieping op tapijten vloer (100_20 is de berekende sensorwaarde);
3. Een driedimensionale trillingssensor (25) op de 1^{e} verdieping op tapijten vloer (100_25 is de berekende sensorwaarde).

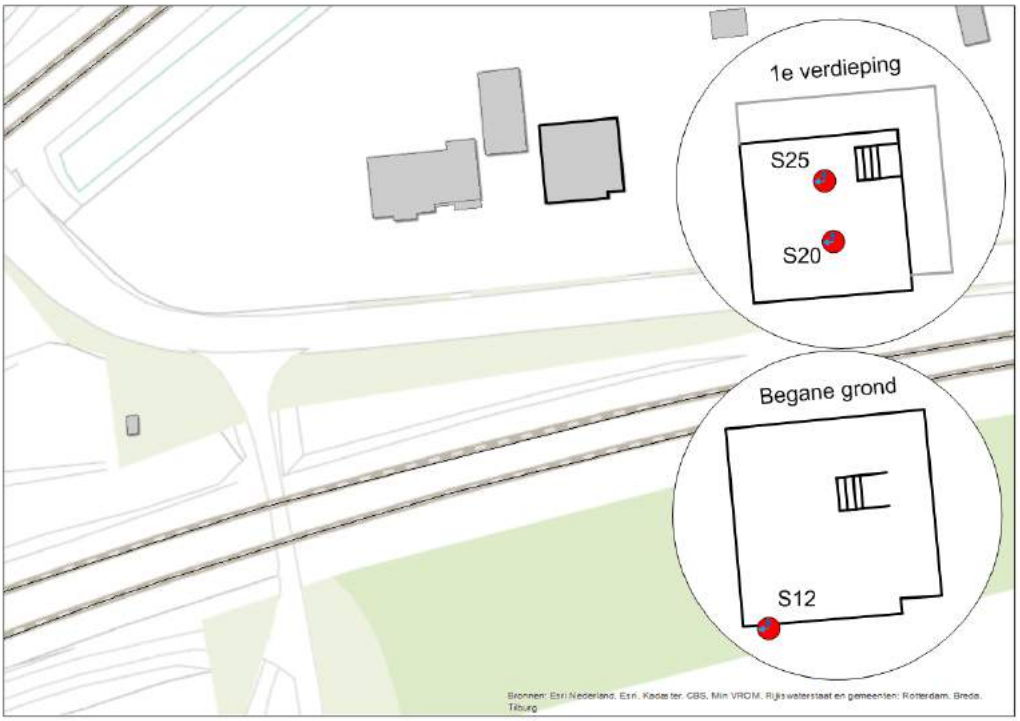
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 1.

Tabel V - 1 *Gegevens meting Herfterlaan 17*

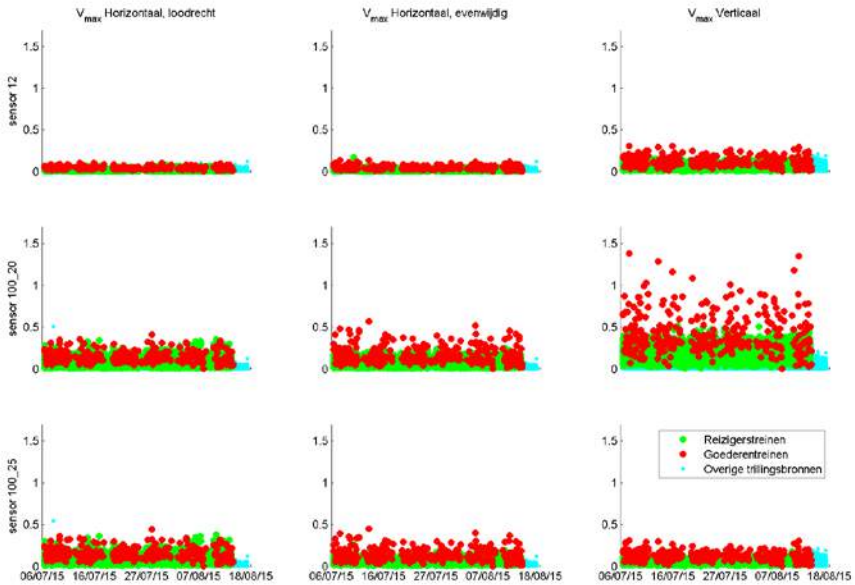
1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 13:47 tot 17 augustus 2015 10:26*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit*

		metselwerk
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 2*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 2*
9	Gebruikte meetopnemers	*Drie 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-101 meetcomputer met 6 aangesloten kanalen en webcam*
		D03-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 3*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 2, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 3.



Figuur V - 2 *Opstelling sensoren bij Herfterlaan 17*



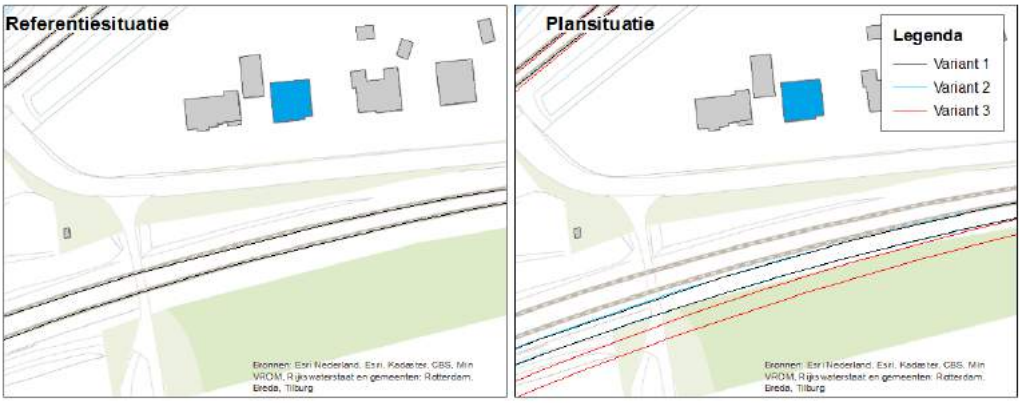
Figuur V – 3 *Meetresultaten Herfterlaan 17*

V.1.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie zijn:

1. Wijziging van de sporenlay-out;
2. Wijziging van de rijsnelheid van de treinen;

De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur V - 4.



Figuur V - 4 *Meetlocatie Herfterlaan 17 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

V.1.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V-2. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 2 *Resultaten referentiesituatie*

	12, fundering			20, boven tapijt			25, boven hout		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.03	0.08	0.03	0.02	0.01
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.03	0.09	0.03	0.02	0.02
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01	0.01
V_{max}	0.09	0.11	0.25	0.33	0.43	1.02	0.35	0.33	0.25
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	76	76	76	76	76	76	76	76	76
μ	-2.64	-2.56	-1.62	-1.30	-1.18	-0.28	-1.26	-1.42	-1.63
σ	0.13	0.23	0.17	0.14	0.24	0.21	0.14	0.22	0.17
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	4	6	5	4	7	6	4	6	5

Op deze locatie zijn 9755 reizigers- en 316 goederentreinen gemeten.

V.1.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V – 3. De resultaten van de berekeningen zijn getoetst aan de grenswaarden. Overschrijdingen van de grenswaarden zijn oranje gearceerd.

Tabel V – 3 *Resultaten berekening plansituatie*

	12, fundering			100_20, boven tapijt			100_25, boven hout		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.03	0.04	0.04	0.12	0.04	0.03	0.02
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.04	0.04	0.11	0.04	0.03	0.02
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.03	0.07	0.03	0.02	0.02
V_{max}	0.09	0.11	0.26	0.35	0.43	1.02	0.37	0.33	0.25
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	78	78	78	78	78	78	78	78	78
μ	-2.60	-2.52	-1.58	-1.27	-1.16	-0.24	-1.22	-1.38	-1.59
σ	0.13	0.20	0.15	0.15	0.22	0.18	0.15	0.19	0.14
β	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
R	4	6	4	4	6	5	4	5	4
$\boldsymbol{V_{per,\ grenswaarde}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

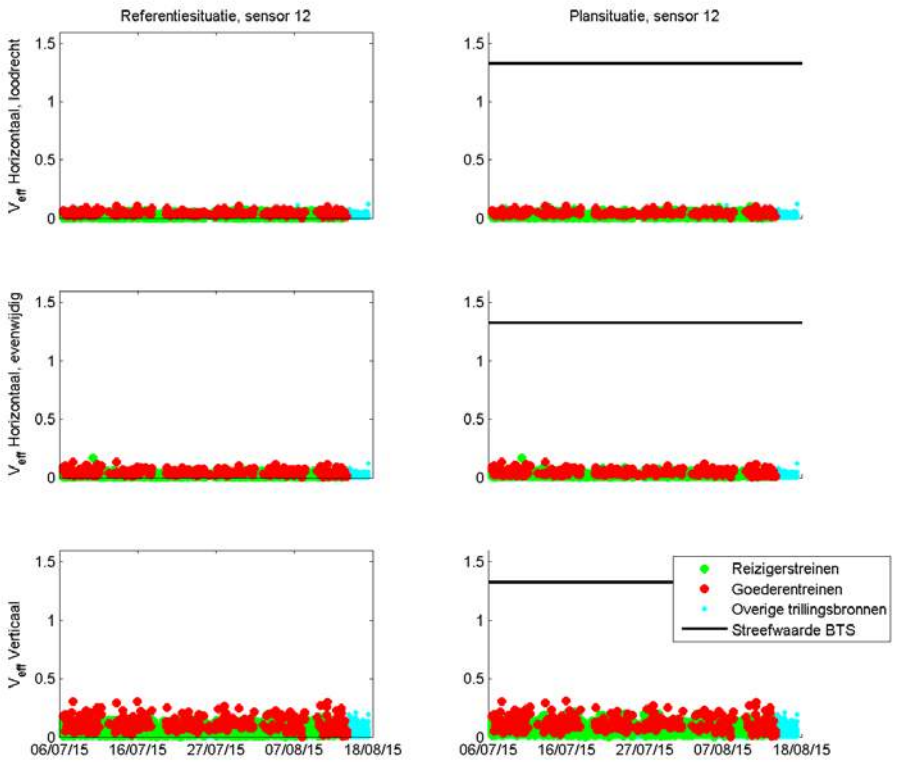
De *Q*-waarde bedraagt 1.00. De trillingsterkte neemt niet toe. Er is echter wel een overschrijding van de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} op de verdiepingsvloer.

V.1.4 Conclusies

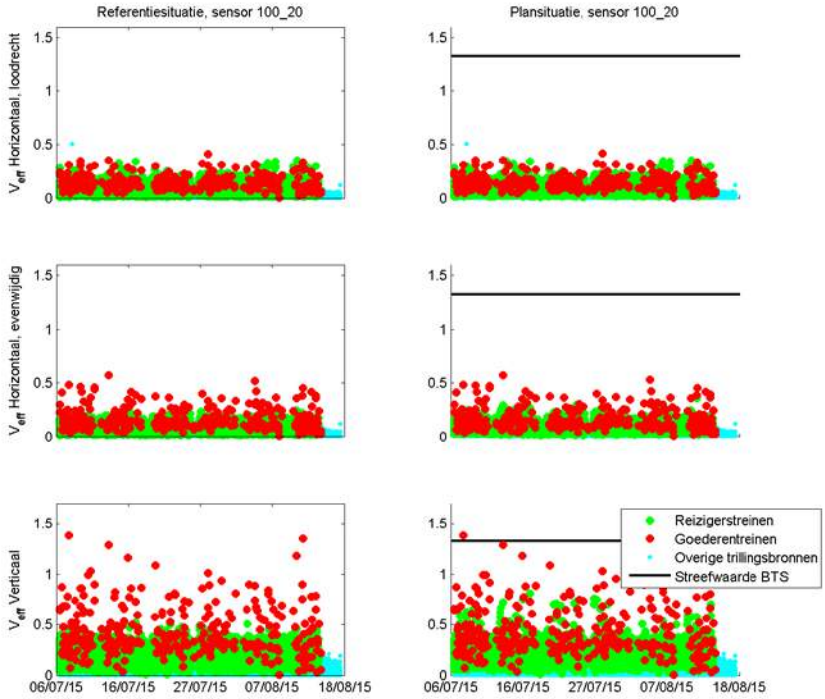
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie hoger dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

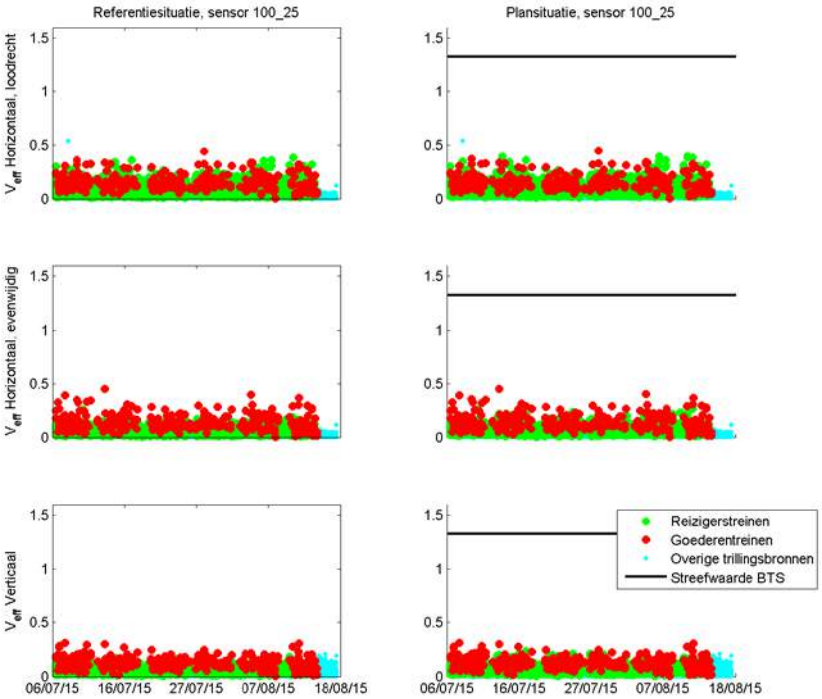
In Figuur V – 5 tot en met Figuur V - 7 worden de referentie- (links) en plansituaties (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur V - 5 *Resultaten sensor 12*



Figuur V - 6 *Resultaten sensor 100_20*



Figuur V - 7 *Resultaten sensor 100_25*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is

op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}, en een grote kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

V.2 Herfterlaan 27

De meetlocatie Herfterlaan 27 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V – 8.

Figuur V - 8 *Gevel Herfterlaan 27*

In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 24) en één meetpunt is berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensor 15) , zie ook Figuur V - 10 voor een schets van de meetopstelling:

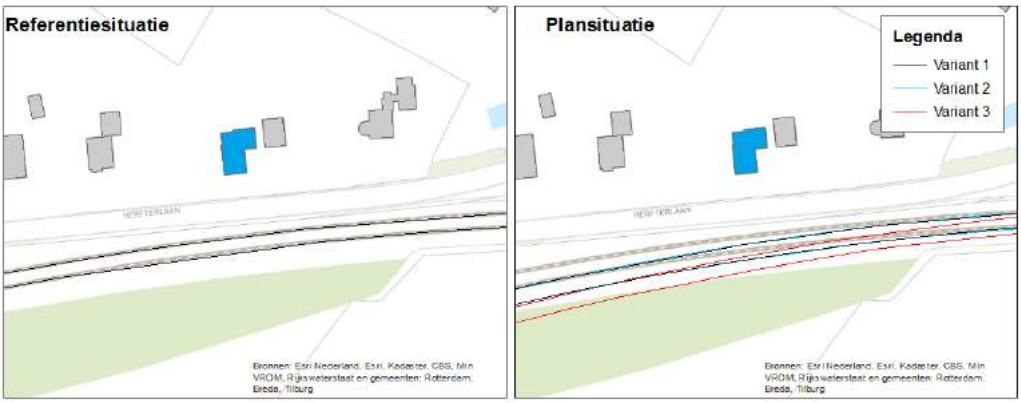
1. Een driedimensionale trillingssensor (24) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (15) op de 1e verdieping op vloerbedekking (100_15 is de berekende sensorwaarde).

V.2.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie zijn:

1. Wijziging van de sporenlay
2. Gewijzigde rijsnelheid van een deel van de treinen.

De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven in Figuur V – 9.



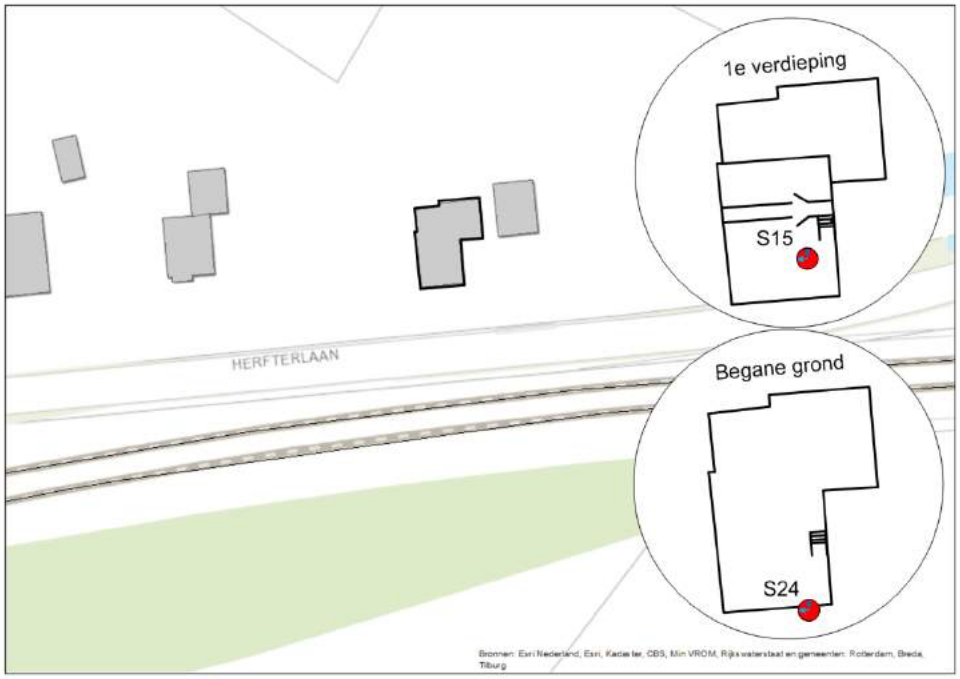
Figuur V - 9 *Meetlocatie Herfterlaan 27 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 6.

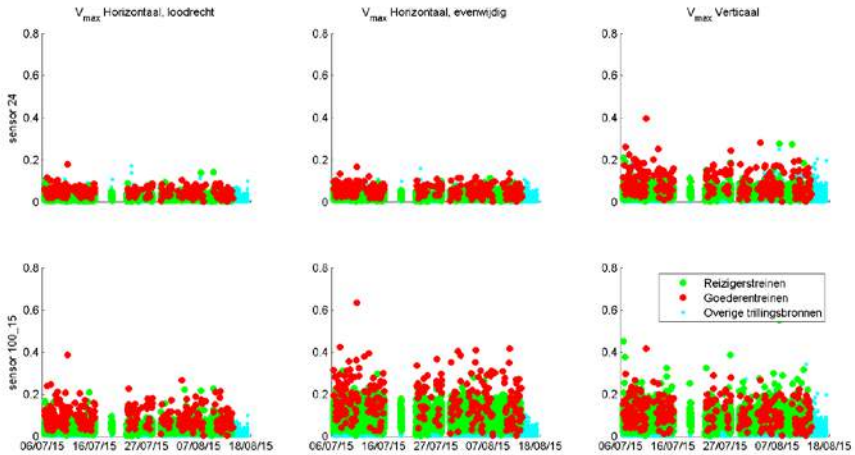
Tabel V - 6 *Gegevens meting Herfterlaan 27*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 12:41 tot 17 augustus 2015 10:27*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 10*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 10*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-101 meetcomputer met 3 aangesloten kanalen en webcam* *D03-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 11*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 10 , de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 11.



Figuur V - 10 *Opstelling sensoren bij Herfterlaan 27*



Figuur V - 11 *Meetresultaten Herfterlaan 27*

V.2.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V - 7. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 7 *Resultaten referentiesituatie*

	24, fundering			15, boven tapijt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04	0.03
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.04	0.03
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
V_{max}	0.11	0.12	0.24	0.23	0.39	0.36
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	61	61	61	61	61	61
μ	-2.52	-2.38	-1.73	-1.76	-1.18	-1.36
σ	0.20	0.16	0.20	0.20	0.17	0.23
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	6	5	6	6	5	7

Op deze locatie zijn 7683 reizigers- en 279 goederentreinen gemeten.

V.2.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V - 8. De resultaten van de berekeningen zijn getoetst aan de grenswaarden.

Tabel V – 8 *Resultaten berekening plansituatie*

	24, fundering			15, boven tapijt		
	H1	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per,\ dag}$	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.05	0.04
$V_{per,\ avond}$	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.05	0.04
$V_{per,\ nacht}$	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
V_{max}	0.11	0.12	0.24	0.23	0.41	0.38
X (%)	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
#topX%	61	61	61	61	61	61
μ	-2.50	-2.32	-1.70	-1.74	-1.09	-1.33
σ	0.19	0.15	0.20	0.18	0.14	0.26
β	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
R	6	5	6	6	4	8
$\mathbf{V_{per,\ grenswaarde}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

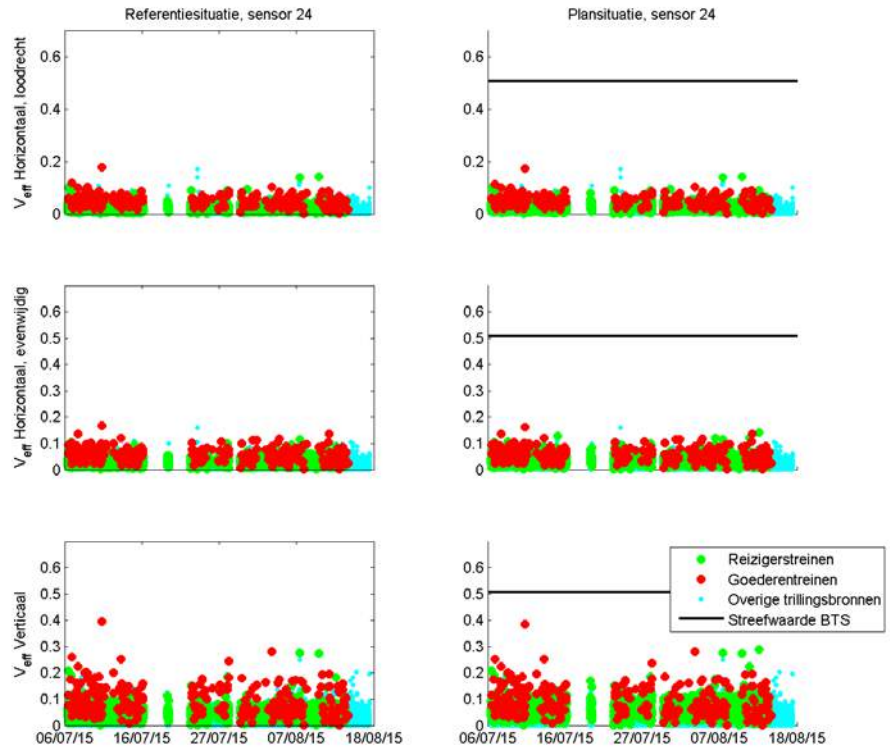
De *Q*-waarde bedraagt 1.06. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

V.2.4 Conclusies

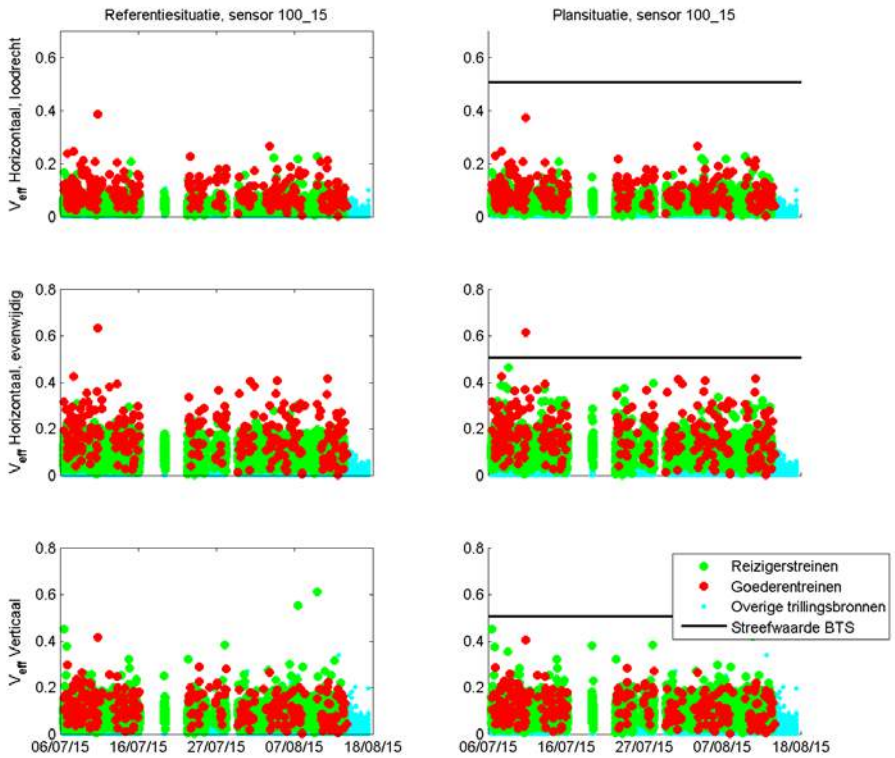
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

In Figuur V - 12 tot en met Figuur V - 13 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven, reizigerstreinen als groene meetpunten, en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn, zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



Figuur V - 12 *Resultaten sensor 24*



Figuur V - 13 *Resultaten sensor 100_15*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}. Er is geen kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

V.3 Valkenbergweg 2

De meetlocatie Valkenbergweg 2 heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur V - 14.

Figuur V - 14 *Gevel Valkenbergweg 2*

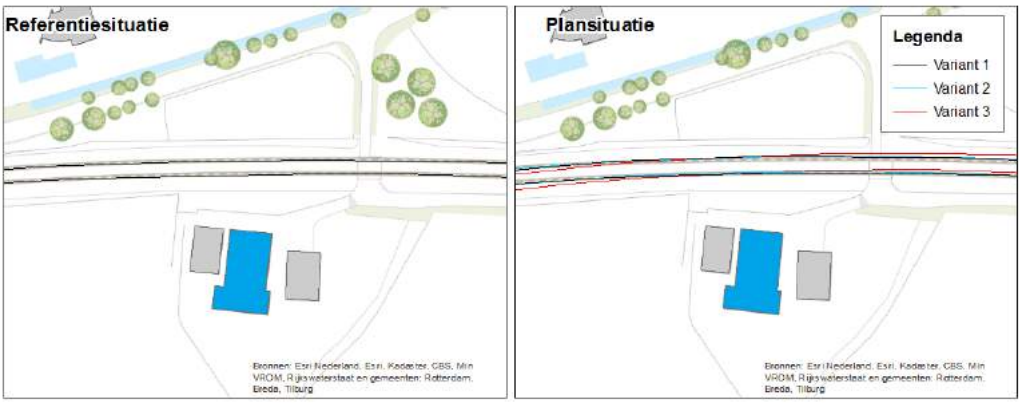
In deze woning is een meting uitgevoerd conform de Bts. Er is één meetpunt geplaatst gedurende de gehele meetperiode (sensor 14) en drie meetpunten zijn berekend aan de hand van de overdracht bepaald met een 24-uurs meting (sensoren 5, 16 en 21) , zie ook Figuur V - 32 voor een schets van de meetopstelling:

1. Een driedimensionale trillingssensor (14) bij de fundering;
2. Een driedimensionale trillingssensor (100_5) op de tegelvloer aan de achterzijde van de woning;
3. Een driedimensionale trillingssensor (100_16) op de tegelvloer aan de achterzijde van de woning bij een pilaar.
4. Een driedimensionale trillingssensor (100_21) op de tegelvloer bij voorgevel.

Daarnaast zijn meetpunten gepositioneerd op de zolder, deze meetpunten zijn gebruikt om de trillingseigenschappen van de woning in kaart te brengen.

V.3.1 Wijzigingen aan sporen

De belangrijkste wijzigingen op deze locatie is de gewijzigde rijsnelheid van een deel van de treinen. De sporenlay-out in de referentie- en plansituatie is weergegeven Figuur V - 15.



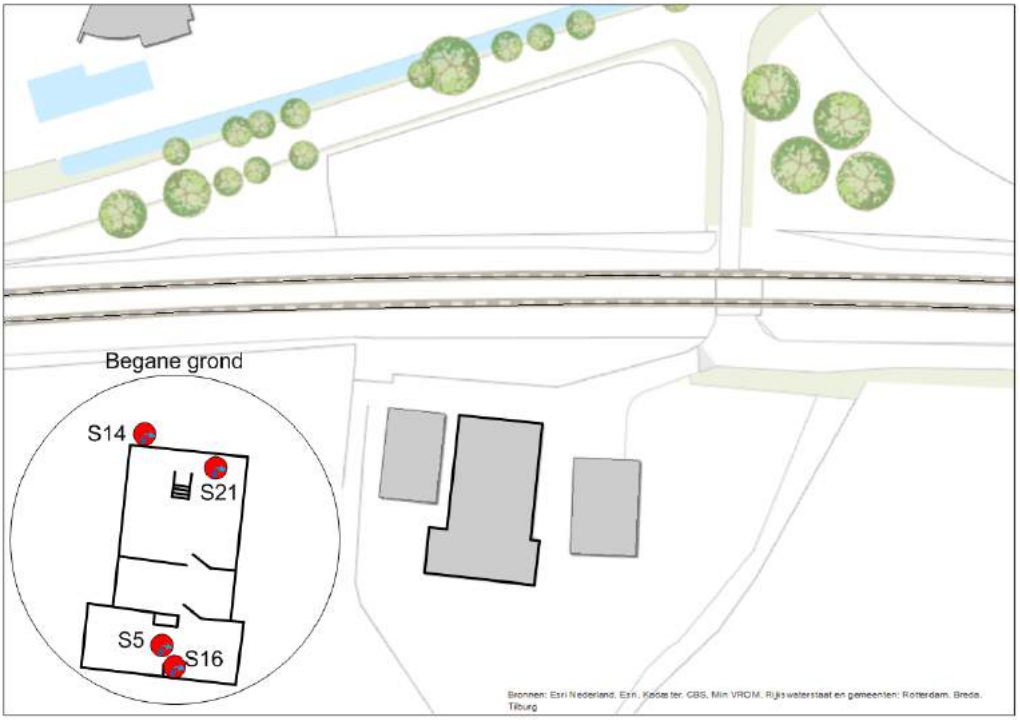
Figuur V - 15 *Meetlocatie Valkenbergweg 2 in referentiesituatie (links) en plansituatie (rechts)*

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in Tabel V - 11.

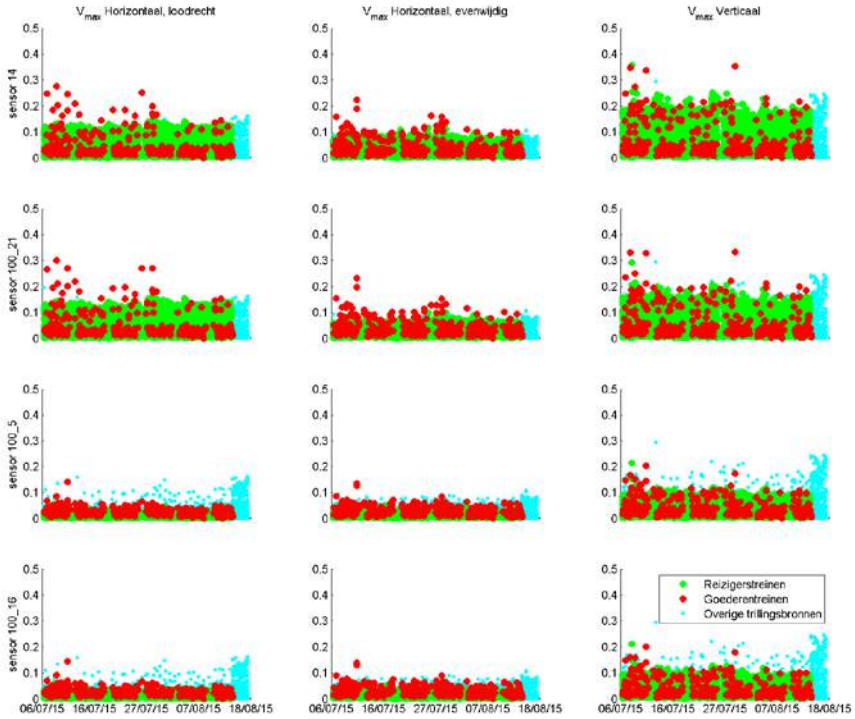
Tabel V - 11 *Gegevens meting Valkenbergweg 2*

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.* *Daalseplein 101* *3511 SX Utrecht*
	Verantwoordelijke persoon	*Ir. P.M. Boon* *e-mail: pieter.boon@movares.nl* *tel.: 06-10039454*
2	Meting uitgevoerd door	*Ir. R.G.P. Ritzen*
3	Tijdsperiode meting	*6 juli 2015 10:37 tot 17 augustus 2015 10:27*
4	Type trillingsbron	*Treinen.*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaagse vrijstaande woning, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie Figuur V - 16*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III.3*
8	Meetposities	*Zie Figuur V - 16*
9	Gebruikte meetopnemers	*Vier 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Dewe-1201 meetcomputer met 9 aangesloten kanalen en webcam* *D04-meetcomputer met 3 aangesloten kanalen*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie Figuur V - 17*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Zie hoofdstuk 4*
12	Overige relevante omstandigheden	*Zie hoofdstuk 4*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities is weergegeven in Figuur V - 16, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur V - 17.



Figuur V - 16 *Opstelling sensoren bij Valkenbergweg 2*



Figuur V - 17 *Meetresultaten Valkenbergweg 2*

V.3.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel V - 12. H1 is horizontaal, loodrecht op het spoor, H2 is horizontaal, parallel aan het spoor en V is verticaal.

Tabel V - 12 *Resultaten referentiesituatie*

	14, fundering			21, tegel			5, tegel			16, tegel		
	H1	H1	H1	H1	H2	V	H1	H2	V	H1	H2	V
$V_{per.\ dag}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$V_{per.\ avond}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
$V_{per.\ nacht}$	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
V_{max}	0.21	0.14	0.28	0.22	0.13	0.24	0.06	0.07	0.14	0.07	0.08	0.14
X (%)	50.01	1.57	50.01	50.01	1.57	1.57	3.14	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
#topX%	2231	70	2231	2231	70	70	140	70	70	70	70	70
μ	-2.61	-2.25	-2.05	-2.50	-2.33	-1.64	-3.20	-2.90	-2.16	-3.02	-2.86	-2.13
σ	0.37	0.18	0.27	0.35	0.22	0.15	0.23	0.21	0.16	0.22	0.22	0.14
β	2.79	1.39	2.79	2.79	1.39	1.39	1.73	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
R	3	5	2	3	6	4	6	6	5	6	6	4

Op deze locatie zijn 9601 reizigers- en 388 goederentreinen gemeten.

V.3.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen die zijn opgetreden tussen de situatie van de metingen en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingssituatie in de plansituatie. Per trein is een individuele berekening gemaakt met behulp van het

in Bijlage I beschreven model en de parameters uit Bijlage II en III. Met behulp van de resulterende dataset zijn conform de Bts de benodigde parameters bepaald.

De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel V - 13. De resultaten van de berekening zijn getoetst aan de grenswaarden.

Tabel V - 13 *Resultaten berekening plansituatie*

	14, fundering			21, tegel			5, tegel			16, tegel		
	H1	**H1**	**H1**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**	**H1**	**H2**	**V**
$V_{per.\ dag}$	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
$V_{per.\ avond}$	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
$V_{per.\ nacht}$	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
V_{max}	0.24	0.15	0.33	0.26	0.14	0.28	0.06	0.07	0.17	0.06	0.08	0.17
X (%)	50.01	1.57	1.57	50.01	1.57	1.57	3.14	1.57	1.57	6.25	1.57	1.57
#topX%	2231	70	70	2231	70	70	140	70	70	279	70	70
μ	-2.30	-2.07	-1.21	-2.19	-2.14	-1.39	-3.02	-2.84	-1.89	-2.99	-2.80	-1.87
σ	0.31	0.12	0.08	0.30	0.13	0.09	0.14	0.18	0.09	0.11	0.18	0.08
β	2.79	1.39	1.39	2.79	1.39	1.39	1.73	1.39	1.39	2.04	1.39	1.39
R	3	4	2	3	4	3	3	5	3	2	5	2
$\boldsymbol{V_{per.\ gw.}}$	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.1**

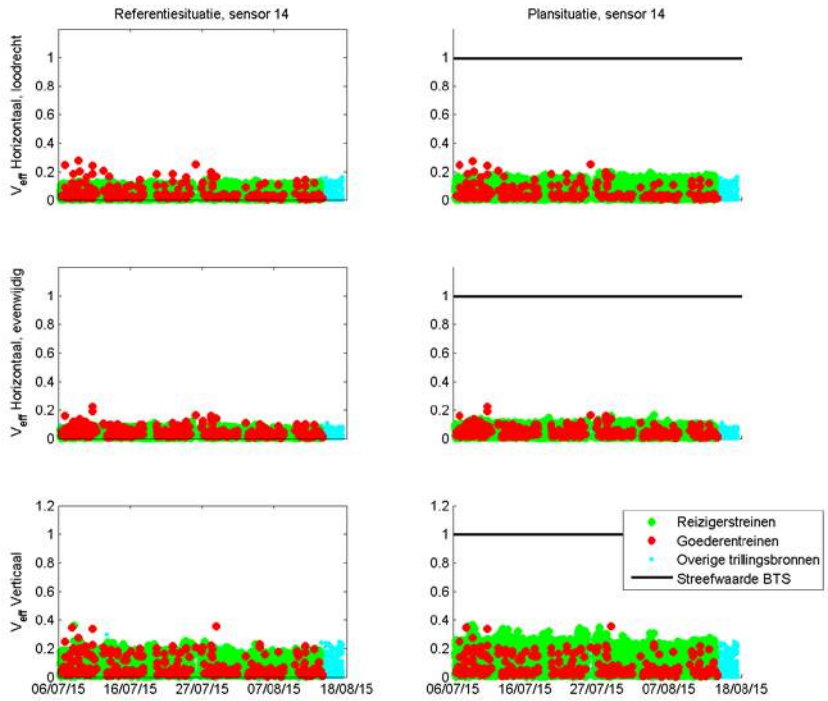
De *Q*-waarde bedraagt 1.20. De trillingsterkte neemt niet voelbaar toe.

V.3.4 Conclusies

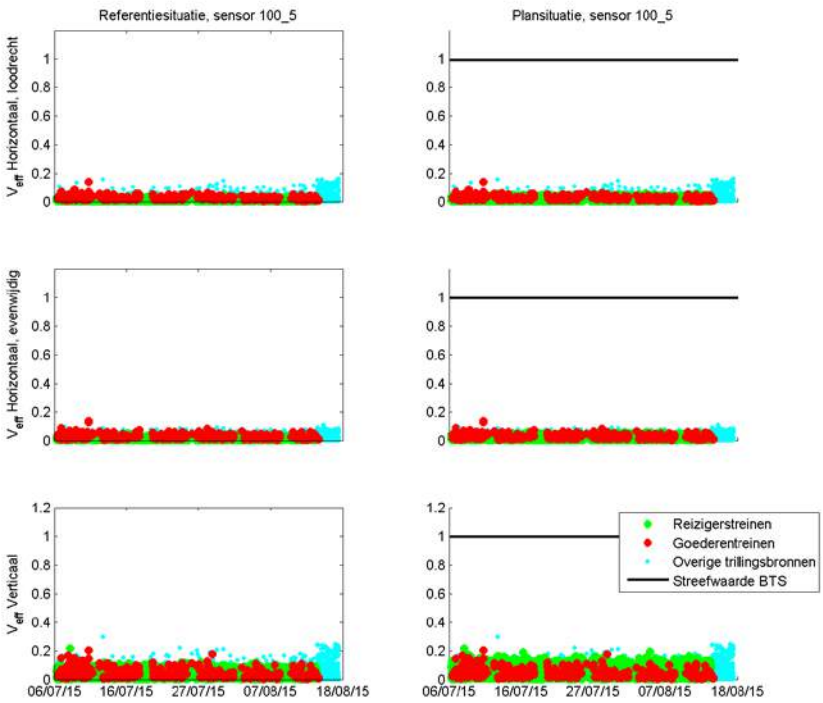
De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de referentiesituatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid aanzienlijk lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar. De maximaal optredende trillingssnelheid ten gevolge van treinverkeer in de plansituatie is 0.89 mm/s. Inclusief toeslagfactor voor de onzekerheid van een indicatieve meting (toeslagfactor is 1.6, zie Bijlage II) is maximaal een trillingssnelheid van 1.43 mm/s te verwachten. De grenswaarde uit de SBR A-richtlijn voor trillingen ten gevolge van treinverkeer met een dominante frequentie van minder dan 10 Hz in panden met een monumentale status zoals Valkenbergweg 2 bedraagt 2 mm/s. Omdat de maximaal verwachte trillingssnelheid lager is dan deze grenswaarde, is de kans op schade conform de SBR A-richtlijn kleiner dan 1 procent, en daarmee verwaarloosbaar. Er wordt dus geen schade ten gevolge van treinverkeer verwacht.

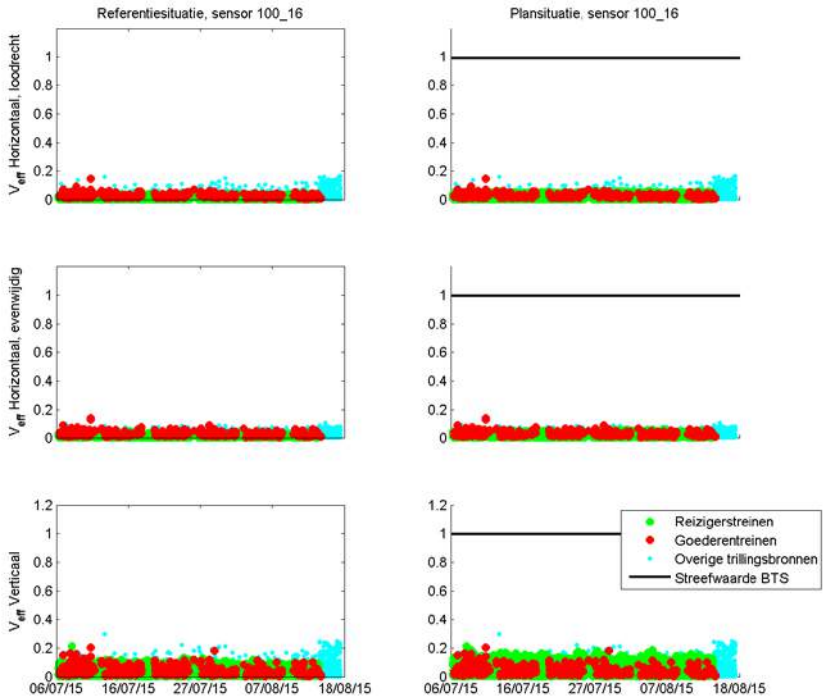
In Figuur V – 18 tot en met Figuur V - 21 worden de referentie- (links) en plansituatie (rechts) getoond voor alle gemeten trillingssignalen. Goederentreinen zijn als rode meetpunten weergegeven. reizigerstreinen als groene meetpunten. en alle overige trillingsbronnen zijn als blauwe meetpunten weergegeven. Een deel van de overige trillingsbronnen geeft hogere trillingen dan de treinen. De trillingen die hoger dan of vergelijkbaar aan die van treinen zijn. zijn afkomstig van voetstappen of gemotoriseerd vervoer van de nabijgelegen weg.



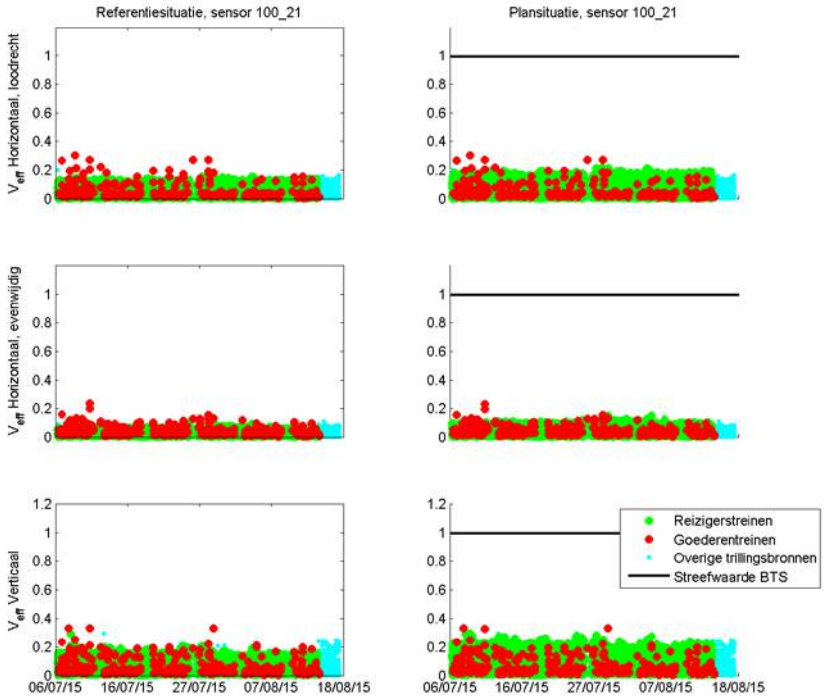
Figuur V - 18 *Resultaten sensor 14*



Figuur V - 19 *Resultaten sensor 100_5*



Figuur V - 20 *Resultaten sensor 100_16*

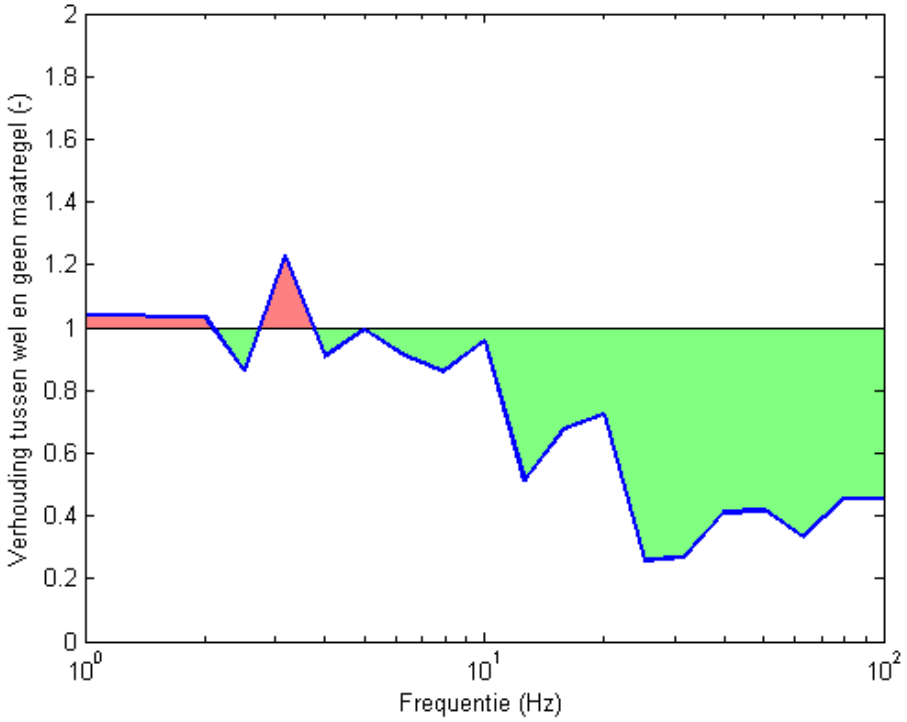


Figuur V - 21 *Resultaten sensor 100_21*

Om de betrouwbaarheid van de berekeningen te controleren is een Monte Carlosimulatie uitgevoerd, waarbij de invloed van de snelheidsverhoging en de wijziging in sporenlay-out is gevarieerd. Uit deze analyse blijkt dat er een kleine kans is op een overschrijding van de trillingssterkte V_{max}. Er is geen kans op een overschrijding van de trillingsintensiteit V_{per}.

Bijlage VI Effectiviteit maatregelen

In deze bijlage is het effect opgenomen van de doorgerekende maatregel, als functie van de frequentie, in Figuur VI - 1. Groter dan 1 betekent een versterking van de trillingen, kleiner dan 1 een verzwakking. De maatregel heeft vooral effect boven 10 Hz.



Figuur VI- 1 *Doorgerekende maatregel voor cluster Herfterlaan (sloot van 3.5 meter diep)*