



Joint Fact Finding naar Spoortrillingen

Kennisbasis

Inleiding

Deze kennisbasis is het resultaat van het tweejarige Joint Fact Finding-traject naar spoortrillingen, dat plaatsvond van oktober 2019 tot oktober 2021. Het doel van dit traject was te komen tot een gedragen feitenbasis ten behoeve van beleidsvorming. Belanghebbenden zoals omwonenden, infrabeheerder, overheden en vervoerders zijn de afgelopen twee jaar in gesprek gegaan met deskundigen om gezamenlijk te leren over spoortrillingen en samenhangende omgevingseffecten. De focus lag op het inventariseren van de beschikbare kennis over spoortrillingen, om daarmee een kennisbasis op te bouwen. Deze kennisbasis is geen compleet overzicht van alle kennis die beschikbaar is over spoortrillingen, maar gaat in op de onderwerpen en thema's die tijdens bijeenkomsten behandeld zijn omdat betrokkenen deze relevant vinden voor beleidsvorming.

Dit document bevat een samenvatting van de kennisbasis met vervolgens de negen inhoudelijke verslagen van de bijeenkomsten. De onderwerpen voor deze bijeenkomsten waren: het rekenmodel spoortrillingen, de omvang van het vraagstuk, schade aan gebouwen, nieuwbouw naast het spoor, gezondheid en hinder, de Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS), wielonderhoud, de pilot gedifferentieerd rijden, maatregelen bestaande bouw en de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

Aanleiding Joint Fact Finding-traject

In het voorjaar van 2018 heeft toenmalig staatssecretaris Van Veldhoven van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) aangekondigd het beleid voor spoortrillingen te intensiveren¹. Het aantal klachten van omwonenden over spoortrillingen neemt de laatste jaren toe. De groei van het spoorvervoer gaat hand in hand met de groei van de gebouwde omgeving. De komende tien jaar moeten er pakweg 1 miljoen woningen bijkomen in Nederland. Veel nieuwe woningen worden in de buurt van infrastructuur gebouwd, waaronder wegen, vliegvelden en spoorwegen. Dat geeft een spanning tussen verschillende functies zoals duurzaam (trein)vervoer, en het wonen in een rustige en veilige omgeving. Daarnaast maakt de wens om de spoorinfrastructuur intensiever te gebruiken het noodzakelijk om ook voor bestaande woningen langs het spoor na te gaan wat de omgevingseffecten zijn. Op het vlak van externe veiligheidsrisico's en geluid is de bescherming van de omgeving vastgelegd in wetgeving. Voor trillingen veroorzaakt door spoorvervoer is dat echter nog niet het geval.

Momenteel is de kennis over spoortrillingen ontoereikend om de bescherming van de omgeving tegen spoortrillingen vast te leggen in wetgeving. Hinder en overlast door spoortrillingen is een uiterst complex vraagstuk gebleken. Het doorgronden vergt een combinatie van kennis uit verschillende vakgebieden, zoals bouwkunde, geologie, gezondheid en civiele techniek. Om te voorkomen dat de beleidsvoorbereiding belemmerd wordt door een discussie over de feiten en beschikbare kennis, is het idee ontstaan voor Joint Fact Finding (JFF). Dit is een gezamenlijk feitenonderzoek gericht op samenwerking tussen wetenschap, beleid en belanghebbenden in situaties waar kennis onzeker of betwist is.

Eindrapportage over het proces

Naast de inhoudelijke verslagen is ook een eindrapportage² opgesteld waarin de context van het traject, de opzet en het procesverloop worden toegelicht. Daarnaast is in de eindrapportage een reflectie opgenomen over hoe deelnemers terugblikken op het traject en naar de toekomst kijken.

¹ Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat (2018). *Brief aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal inzake trillingshinder spoor*, 23 april 2018. Pagina 1, 29984 nr. 765.

² Public Mediation (2021). *Joint Fact Finding Spoortrillingen Eindrapportage*, oktober 2021.

Kennisbasis

Eerst worden de hoofdlijnen en onderwerpen benoemd, waarna een samenvatting volgt van de behandelde thema's. Aansluitend is elk van de inhoudelijke verslagen opgenomen in dit document.

Essentie van het vraagstuk

De kennisbasis, die gedurende de afgelopen twee jaar is opgebouwd, is als volgt samen te vatten. Trillingen in gebouwen zijn afhankelijk van de bron van de trillingen (de specifieke kenmerken van de trein in combinatie met de constructie van het spoor geeft een bepaalde trillingsfrequentie), de samenstelling van de bodem (waarin de trillingsenergie zich verplaatst) en de afmetingen, materialen en constructie van het gebouw. In hoeverre een gebouw mee-resoneert met de trillingen is daarom locatiespecifiek en het effect van maatregelen verschilt van situatie tot situatie. Maatregelen kunnen getroffen worden bij de bron (bijvoorbeeld het afveren van trein-draaistellen of funderen van het spoor), in de grondoverdracht (bijvoorbeeld een verticaal scherm in de bodem van beton of kunststof) en in gebouwen zelf (bijvoorbeeld het afveren van de woning en fundering of verstijven van wanden en muren). Of de investeringen in maatregelen in verhouding staan tot de opbrengsten -namelijk het voorkomen van hinder, woningschade en negatieve gezondheidseffecten- is geen uitgemaakte zaak.

Het is lang niet altijd mogelijk om één oorzaak vast te stellen voor woningschade. Bewoners ervaren vaak een directie relatie tussen spoortrillingen en schade aan de woning. Deskundigen beoordelen bij schade aan woningen vaak dat andere oorzaken meer invloed hebben dan spoortrillingen. Het RIVM heeft in mei 2020 het Rekenmodel Spoortrillingen (OURS³) gepubliceerd om spoortrillingen te kunnen voorspellen op basis van informatie over de bron, de bodemsamenstelling en het gebouw. Het rekenmodel is nog niet uitontwikkeld.

Naar de gezondheidseffecten van spoortrillingen is nog weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan. Het effect van spoortrillingen op de gezondheid is de belangrijkste openstaande kennisvraag in dit JFF-traject, mede omdat het hinderbelevingsonderzoek van het RIVM als bouwsteen van de kennis over dit vraagstuk door de Covid-pandemie werd uitgesteld.

Thematische bijeenkomsten

In de eerste en achtste bijeenkomst zijn respectievelijk de startrapportage en tussenrapportage besproken. Van deze bijeenkomsten is hier geen samenvatting opgenomen. De overige bijeenkomsten stonden in het teken van een inhoudelijk onderwerp. In onderstaande tabel staat het overzicht van de besproken thema's:

Bijeenkomst 2	Rekenmodel Spoortrillingen van het RIVM
Bijeenkomst 3	Omvang van het vraagstuk
Bijeenkomst 4 & 5	Spoortrillingen en schade aan gebouwen
Bijeenkomst 6	Nieuwbouw naast het spoor
Bijeenkomst 7	Gezondheid en hinder
Bijeenkomst 9	Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) en Wielonderhoud
Bijeenkomst 10	Pilot gedifferentieerd rijden
Bijeenkomst 11	Maatregelen bestaande bouw
Bijeenkomst 12	Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)

Hieronder staat per thematische bijeenkomst een korte samenvatting van het doel en de bevindingen.

Bijeenkomst 2 – Rekenmodel Spoortrillingen van het RIVM

Arnaud Kok (RIVM) – 12 december 2019

Het doel van deze bijeenkomst was om te leren over de werking van het Rekenmodel Spoortrillingen van het RIVM, dat spoortrillingen kan berekenen en dat gebruikt kan worden om trillingen te voorspellen.

Bevindingen

De opdracht van het ministerie van IenW aan het RIVM was om een robuuste en uniforme methodiek te ontwikkelen waarmee iedereen kan rekenen aan spoortrillingen. Het rekenmodel is open-source beschikbaar gesteld om te testen in mei 2020. De onzekerheidsmarges zijn gevalideerd door uitgevoerde metingen van pilots te vergelijken met de uitkomsten van het model voor de desbetreffende situatie. De eerste versie van het rekenmodel kent grote onzekerheidsmarges omdat de praktijk meer variabelen kent dan momenteel zijn gemodelleerd. Trillingen variëren per gebouw. Dit is afhankelijk van de trillingsfrequentie die vrijkomt bij de bron, de bodemsamenstelling en de reactie van de materialen van het gebouw. Het rekenmodel zal in de toekomst gebruikt worden om de blootstelling per locatie te bepalen voor het hinderbelevingsonderzoek van het RIVM. Door de beleving en de blootstelling te koppelen kan een dosis-effectrelatie worden afgeleid. Het Rekenmodel Spoortrillingen kan ook aangeven hoe hoog het risico is op schade volgens de SBR-A richtlijn.

Bijeenkomst 3 – Omvang van het vraagstuk⁴

Tryfon Roelofs (ProRail), Dennis Wittenberg (ProRail), Marc Kampinga (ProRail), Arno van Deursen (Lineas Nederland), Alex Bruijn (NS) – 30 januari 2020

Het doel van deze bijeenkomst was om een beeld te krijgen van de omvang van het vraagstuk spoortrillingen, toekomstige trends en mogelijke knelpunten die ontstaan door intensivering van het spoorgebruik.

Bevindingen

Het aantal meldingen van overlast of schade door spoortrillingen is gegroeid van 218 meldingen in 2014 tot 751 in 2018⁵. Het aantal treinkilometers groeide in 2019 met 5% en het aantal tonkilometers met 6% (afgelegde kilometers per ton lading) ten opzichte van 2018. In 2019 zijn er 42 miljoen ton goederen vervoerd over het spoor met de ambitie om dat te laten groeien tot 77 miljoen ton in 2040. De 10 locaties met de meeste trillingsgerelateerde meldingen zijn, op aflopende volgorde: Velp, Utrecht, Den Bosch, Oisterwijk, Tricht, Eindhoven, Vught, Dorst, Tilburg en Amsterdam. In de Nationale Markt en Capaciteit Analyse⁶ (NMCA) van het ministerie van IenW wordt een forse groei voorzien van het reizigersaantal richting 2030 en 2040; de NS verwacht meer groei dan de NMCA.

Als klachten over trillingshinder baan- en spoor-gerelateerd zijn, voeren inspecteurs van ProRail op locatie een controle uit en verhelpen zij indien mogelijk het mankement door een kleine aanpassing te doen.

⁴ Al deze cijfers en prognoses zijn opgesteld voordat de corona-pandemie begon. Het is nog onduidelijk wat de invloed hiervan is.

⁵ Zeventien huishoudens die vaker dan vijf keer een trillingsgerelateerde melding bij ProRail hebben ingediend, hebben een aandeel van 19,6% op het totaal aantal meldingen. Eén huishouden vertegenwoordigt met 280 meldingen 13% van het totaal aantal meldingen.

⁶ Ter actualisatie: In de *Integrale Mobiliteitsanalyse 2021 (IMA-2021)* voorspelt IenW in alle scenario's groei van reizigersaantallen. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/06/29/integrale-mobiliteitsanalyse-2021>

Bijeenkomst 4 & 5 – Spoortrillingen en schade aan gebouwen

Chiel Roovers (ProRail), Carel Ostendorf (Cauberg Huygen), Dion van der Sanden (Dorst Trilt) - 23 april en 14 mei 2020

Het doel van deze bijeenkomsten was om meer te leren over de relatie tussen spoortrillingen en schade aan gebouwen. We hebben ook stilgestaan bij het perspectief van bewoners in relatie tot schade aan woningen.

Bevindingen

Schade is gedefinieerd in de SBR Richtlijn A, waarin onderscheid wordt gemaakt tussen constructieve schade die de veiligheid in geding brengt (zoals instortingsgevaar) en niet-constructieve schade (zoals scheuren in het stucwerk). De richtlijn stelt voor beide vormen van schade maar één grenswaarde. Als de trillingsbelasting lager is dan de grenswaarde, dan is de kans op constructieve schade nihil en de kans op niet-constructieve schade acceptabel klein. Het schadeprotocol van ProRail geeft aan in welke situaties het causale verband tussen trillingen en schade bij voorbaat is uitgesloten en op welke wijze in de overige gevallen het trillingsonderzoek en bouwkundig onderzoek kan worden uitgevoerd. In de praktijk is het niet altijd mogelijk om één specifieke oorzaak vast te stellen voor woningschade en wordt schade vaak niet herleid tot spoortrillingen. In de gevallen dat ProRail een schadevergoeding uitkeerde de afgelopen jaren, is het causale verband tussen trillingen en schade niet met zekerheid vastgesteld.

Voor het claimen van schade ligt de bewijslast bij de partij die schade ondervindt. Vanuit het perspectief van bewoners werd duidelijk hoe lastig het is om het bestaan ofwel niet bestaan van een causaal verband aan te tonen wanneer geen nulmeting is uitgevoerd of wanneer fotografisch bewijs ontbreekt van de staat van de woning voorafgaand aan de situatie dat er meer trillingen zijn.

Bijeenkomst 6 – Nieuwbouw naast het spoor

*Reinoud Fennema (DGMR), Bert Noppers (Gemeente Utrecht), Karin Aquina (Gemeente Helmond)
– 11 juni 2020*

Het doel van deze bijeenkomst was om te leren over de huidige ervaring met spoortrillingen bij nieuwbouw naast het spoor.

Bevindingen

Wanneer de eigenfrequenties van het gebouw overeenkomen met de frequentie van de opgewekte spoortrilling is er een grote kans op hinder. De effectiviteit van trillingsreducerende maatregelen is mede afhankelijk van deze eigenfrequenties. De uiteenlopende onderzoeksmethoden hebben een grote mate van onzekerheid bij het voorspellen van de effectiviteit van maatregelen. Mogelijke maatregelen om trillingshinder bij nieuwbouw te beperken zijn het verankeren van de fundering in bodemlagen die minder trillen (met langere heipalen), verstijven van wanden/muren, of het aanbrengen van isolatie tussen het gebouw en de fundering. Bij nieuwbouw is het ook mogelijk om grotere gebouwen (die minder resoneren) dicht bij het spoor te plaatsen dan kleinere gebouwen en woningen.

Gemeenten gaan verschillend om met nieuwbouwprojecten dicht bij het spoor. De Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen (2019) is positief ontvangen en geeft hier richting aan. De capaciteit en deskundigheid bij gemeenten om ruimtelijke plannen en bouwaanvragen te toetsen op spoortrillingen is beperkt en eenduidige eisen aan trillingsrapporten ontbreken. Daarnaast zijn projectontwikkelaars beducht op klachten over spoortrillingen na oplevering van woningen. Het ontbreekt aan een duidelijk afwegingskader voor de doelmatigheid en kosteneffectiviteit van trillingsreducerende maatregelen.

Bijeenkomst 7 – Gezondheid en hinder

Irene van Kamp (RIVM), Henk Derks (RONA/LPOGT), Eline van den Brink (RONA/LPOGT)

– 3 september 2020

Het doel van deze bijeenkomst was om dieper in te gaan op de gezondheidseffecten van spoortrillingen en de hinderbeleving van omwonenden.

Bevindingen

In 2013 is een hinderbelevingsonderzoek uitgevoerd door het RIVM om een landelijk beeld te krijgen hoe omwonenden langs het spoor reageren op trillingen en geluid veroorzaakt door reizigers- en goederentreinen⁷. Het onderzoek toonde aan dat 20% van de mensen vanaf 16 jaar die binnen 300 meter van het spoor wonen ernstig gehinderd is door trillingen van goederentreinen – voor passagierstreinen is dit 3%. Dit is vergelijkbaar met de geluidshinder die mensen ervaren door luchtverkeer in de omgeving van Schiphol. Naast de blootstelling aan trillingen, kwam ook angst naar voren voor schade aan de woning door trillingen en angst voor toekomstige trillingsniveaus. Uit herhaalonderzoek uit 2019⁸ blijkt dat het percentage ernstige hinder en slaapverstoring is gestegen. Anders dan bij geluid is er (nog) geen duidelijke dosis-effectrelatie tussen de sterkte van de trillingen en het percentage mensen dat daarvan (ernstige) hinder ondervindt. Omwonenden die klachten hebben voelen zich niet gehoord. De actualisatie van het belevingsonderzoek door het RIVM is uitgesteld als gevolg van de covid-pandemie.

Bijeenkomst 9 – Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) en Wielonderhoud

Chiel Roovers (ProRail), Jasper Peen (Ricardo Rail) – 26 november 2020

Het doel van deze bijeenkomst was om (1) informatie te delen over de Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) van ProRail en (2) om te leren over het effect van wielonderhoud bij treinen.

Bevindingen

De innovatieagenda heeft ten doel om kennis verder te ontwikkelen en betaalbare bronmaatregelen te identificeren die spoortrillingen verminderen. De maatregelen zijn gericht op de interactie tussen treinwielen en het spoor. Zo wordt gekeken naar innovatie en onderhoud van het fundament van het spoor, het spoor zelf, de wielen van de trein en het onderstel van de trein. De kennisontwikkeling heeft ook als doel het Spoor Trillingen Emissie Model (STEM) te ontwikkelen om de effecten op trillingen van interventies in infra-elementen en materieelcomponenten te voorspellen.

Wielonderhoud wordt uitgevoerd zodat treinen goed blijven rijden en remmen. Regelmatig onderhoud vermindert trillingen want oneffenheden in het wiel leiden tot meer trillingen. Het wielonderhoud vindt plaats door het wiel te slijpen en opnieuw rond te maken – dit heet het afdraaien van het wiel. Momenteel gebeurt dat afdraaien correctief (bij constatering van onregelmatigheden van het wielstel) en preventief (na zoveel kilometer worden assen standaard onderhouden). Voor het reizigersmaterieel in Nederland is de vervoerder vaak ook de eigenaar van het materieel en verantwoordelijk voor het onderhoud. Goederentreinen worden internationaal ingezet. De vervoerder, de materieleigenaar en het onderhoudsbedrijf zijn vaak verschillende partijen. Mocht Nederland hogere eisen willen stellen aan het wielonderhoud dan is dat lastig te harmoniseren met Europese regelgeving of als alternatief moet de gehele Europese regelgeving worden aangescherpt.

⁷ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2014). *Wonen langs het spoor: Gezondheidseffecten van trillingen door treinen*. Den Haag: Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.

⁸ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2019). *Herhaalmeting Wonen langs het Spoor*. RIVM-rapport 2021-0103, I. van Kamp et al.

Bijeenkomst 10 – Pilot gedifferentieerd rijden

Zonder externe experts – 4 februari 2021

Het doel van deze bijeenkomst was om te leren van de praktijkproef Gedifferentieerd Rijden op het traject tussen Meteren en Boxtel uitgevoerd in 2020⁹. Gedifferentieerd rijden is het aanpassen van de snelheid van treinen op bepaalde tracés. Bij deze pilot reden goederentreinen 's nachts langzamer. De praktijkproef werd uitgevoerd om te beoordelen of bij lagere snelheden doorgaans minder trillingen optreden.

Bevindingen

De belangrijkste bevinding van de praktijkproef¹⁰ was dat trillingen voor mensen waarneembaar verminderden in 29 van de 116 gebouwen langs het traject als goederentreinen 60 km/h reden en in 27 gebouwen bij een snelheid van 40 km/h – afgezet tegen de reguliere snelheid van 95 km/h. In de meeste andere gevallen verminderen de trillingen wel, maar niet voor mensen waarneembaar. Op enkele meetpunten namen trillingen toe. De verwachting was dat langzamer rijdende treinen lagere trillingsniveaus in woningen veroorzaken, omdat ze minder trillingsenergie in de bodem opleveren. Dit blijkt gecompliceerd, omdat het langzamer rijden ook een ander trillingspectrum oplevert en daarmee een andere overdracht van trillingen door de bodem en in de woning. Een uitkomst was dat in sommige gevallen langzamer rijden of een verminderde aslast leidde tot meer trillingen, omdat de combinatie van factoren (o.a. treinstel, gewicht, snelheid, spoor, ondergrond, trillingsfrequentie) in zo'n geval meer resonantie creëert in een gebouw. Een belangrijke aanname die is getoetst in deze pilot is dat het trillen van gebouwen altijd afneemt wanneer het trillen in de grond afneemt door langzamer te rijden. Deze aanname is door de resultaten niet houdbaar gebleken.

De quick-scan Kosten-Batenanalyse (KBA) met gemonetariseerde kosten en baten laat zien dat de vermindering van trillingen niet opweegt tegen de bijkomende negatieve effecten van het langzamer rijden. Zo werden bijvoorbeeld negatieve milieueffecten geprojecteerd door een veronderstelde verschuiving naar goederentransport over de weg. Deze analyse leverde echter veel vragen op en werd geagendeerd in een thematische bijeenkomst over MKBA (bijeenkomst 12).

Bijeenkomst 11 – Maatregelen bestaande bouw

Pieter Boon (We-Boost) – 11 maart 2021

Het doel van deze bijeenkomst was om te leren over maatregelen die trillingsoverlast verminderen voor bestaande gebouwen.

Bevindingen

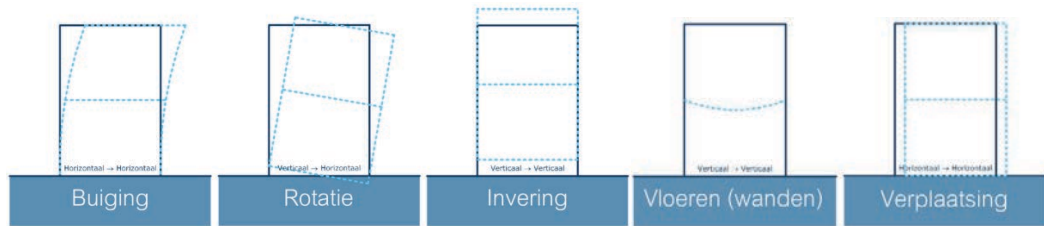
Trillingsoverdracht is lastig te voorspellen. De belangrijkste factoren zijn (1) de trillingsfrequentie van de specifieke trein in combinatie met de constructie van het spoor, (2) de grondsoort en (3) de afmetingen, materialen en constructie van het gebouw. Trillingen zijn daarom locatiespecifiek en het effect van maatregelen verschilt van gebouw tot gebouw.

Goederentreinen veroorzaken doorgaans trillingen met een lagere frequentie dan reizigerstreinen. Zachtere grondsoorten (zoals veen en klei) dragen vooral laagfrequente trillingen, terwijl hardere grondsoorten (zoals zand) vooral hogere frequenties dragen en de trillingen ook nog eens verder brengen dan zachtere grondsoorten. Goederentreinen in combinatie met veengrond creëren veel voelbare trillingen en leiden tot relatief veel klachten op korte afstand van het spoor.

⁹ Rijksoverheid (2020). Bijlagen bij de Kamerbrief over stand van zaken beleidsintensivering spoortrillingen. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/17/stand-van-zaken-beleidsintensivering-spoortrillingen>

¹⁰ Tjalma Railway Consulting (2020). Rapport *Gedifferentieerd rijden goederentreinen*. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/11/17/managementsamenvatting-onderzoek-van-tjalma-consulting>

Gebouwen trillen op vijf verschillende manieren die elk om andere bouwkundige maatregelen vragen:



Het richtbedrag voor maatregelen aan woningen is vastgesteld op €47.000 per woning inclusief BTW. Op basis van de ervaring met het treffen van maatregelen, blijkt dit bedrag in veel gevallen te laag om effectieve trillingsbeperkende maatregelen in de woning te bekostigen.

Bijeenkomst 12 – Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)

Olaf Koops (NEO Observatory) – 22 april 2021

Het doel van deze bijeenkomst was om te leren over de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) en hoe deze analyse beleidsmakers informeert, zoals ook het geval is bij de maatregelen voor spoortrillingen.

Bevindingen

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een beschrijving van alle effecten van een project met de hoofdvraag: wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van een investering of activiteit? Hierbij worden zo veel mogelijk effecten (financieel-economisch en maatschappelijke) uitgedrukt in euro's om deze onderling met elkaar te vergelijken. Zo kunnen verschillende maatregelen voor spoortrillingen ook tegen elkaar worden afgewogen. De MKBA voorziet beslissers van informatie om een afweging te maken. In een MBKA worden de effecten van de verschillende projectalternatieven ook altijd afgezet tegen het nul-alternatief om aan te tonen wat het project toevoegt of wegneemt.

Voor het opstellen van een MKBA worden veel aannames gedaan. Bepaalde goederen (zoals geluidshinder, schone lucht, externe veiligheid of spoortrillingen) hebben geen monetaire waarde in onze economie. Vanuit de welvaartstheorie wordt onderzoek gedaan naar de bereidheid van burgers om te betalen voor deze goederen of te betalen voor het wegnemen van het negatieve effect. Op deze manier kunnen deze goederen toch opgenomen worden in een MKBA. De waardering van burgers voor deze effecten kan overigens in de loop van de tijd wijzigen.

Inhoudelijke verslagen

Hieronder volgen de inhoudelijke verslagen van de bijeenkomsten. In de eerste en achtste bijeenkomst zijn respectievelijk de startrapportage en tussenrapportage besproken. Van deze bijeenkomsten is geen inhoudelijk verslag gemaakt. In onderstaande tabel staat het overzicht van de besproken thema's:

Bijeenkomst 2	Rekenmodel Spoortrillingen van het RIVM
Bijeenkomst 3	Omvang van het vraagstuk
Bijeenkomst 4 & 5	Spoortrillingen en schade aan gebouwen
Bijeenkomst 6	Nieuwbouw naast het spoor
Bijeenkomst 7	Gezondheid en hinder
Bijeenkomst 9	Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) en Wielonderhoud
Bijeenkomst 10	Pilot gedifferentieerd rijden
Bijeenkomst 11	Maatregelen bestaande bouw
Bijeenkomst 12	Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 2

Rekenmodel Spoortrillingen

van het RIVM

bijeenkomst: 12 december 2019

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

Op 12 december jl. kwamen de partijen van de Joint Fact Finding (JFF) naar spoorwegtrillingen bijeen voor de tweede bijeenkomst. Het rekenmodel van het RIVM om trillingen door spoorverkeer te voorspellen stond centraal in de bijeenkomst. Eerst vond er een kennismaking plaats met de nieuwe deelnemers en is er overleg geweest over nog ontbrekende partijen bij de JFF. Daarna is de startrapportage kort besproken. Arnaud Kok, senior medewerker geluid van het RIVM, heeft vervolgens het rekenmodel toegelicht. De deelnemende partijen hebben daar vragen over kunnen stellen. Tenslotte is het voorstel voor de planning van de thematische bijeenkomsten besproken en specifiek de eerstvolgende bijeenkomst.

Toelichting RIVM-rekenmodel spoorwegtrillingen

Arnaud Kok, senior medewerker geluid van het RIVM, heeft het rekenmodel van het RIVM om trillingen door spoorverkeer te voorspellen toegelicht.

Aanleiding en doel

Enkele jaren geleden heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu gevraagd naar een gestandaardiseerde methode voor het berekenen van spoorwegtrillingen. De opdracht van het RIVM is om een robuuste en uniforme methodiek te ontwikkelen waarmee eenieder kan rekenen. Het model wordt beschikbaar gesteld als open source computerprogramma, waardoor iedereen de broncode in kan zien, met een handleiding en het rapport van het onderzoek. Het model kan onder andere gebruikt worden voor prognoses voor tracé besluiten en voor nieuwbouw langs het spoor. Daarbij kan het gebruikt worden voor de inventarisatie van hinder (relatie tussen ervaring hinder en berekening waarde model).

De deelnemers van de JFF vinden het een aandachtspunt dat het gebruik van het vrij technische model zonder de juiste expertise zou kunnen leiden tot onjuiste resultaten. De input bepaalt immers in belangrijke mate de output (de resultaten).

Ontwikkeling

Het RIVM heeft voorafgaand aan het ontwikkelen van het model een inventariserend onderzoek gedaan naar bestaande modellen (2016).¹¹ Daaruit bleek dat er geen model is voor trillingen werkt. Bestaande modellen kunnen wel gecombineerd worden.

In het model zitten drie factoren:

1. Veroorzaker (emissie)

Gedurende een x aantal weken zijn op 25, 50 en 75 meter uit het spoor metingen uitgevoerd. Met een camera is het type trein en de snelheid geregistreerd. Zowel het hoogste trillingsniveau van de trein is gemeten (V_{max}) als de spreidingswaarde (V_{mrs}).

2. Overdracht door de bodem

Met een valgewicht zijn gecontroleerde trillingen opgewekt bij verschillende typen bodems. De trillingen zijn waar mogelijk gemeten tot 30m. Bij een diepere afstand wordt de trilling berekend op basis van de eigenschappen van de specifieke bodem (hard, zacht, laagjes etc.).

Informatie over het type bodem kan worden opgevraagd uit de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Dit is een groeiende database die informatie bevat over de geologische en bodemkundige opbouw van de ondergrond in Nederland.

3. Gebouweffect (type woning of kantoor)

Het gebouweffect wordt berekend op basis van generieke gegevens. Daarnaast kunnen specifieke gegevens ingevoerd worden als de hoogte van het gebouw, het aantal verdiepingen, de muurlengte, de vloeroppervlakte en het type vloeren en de hoogte van het gebouw.

Validatie en onzekerheid

De validatie van het model is onderdeel van het project. Uitgevoerde metingen worden met de resultaten van berekeningen vergeleken om te beoordelen hoe het model presteert. Daarbij wordt ook het toepassingsbereik van het model verduidelijkt. Waar kan het wel of niet voor gebruikt worden? Daarnaast zit er een bepaalde onzekerheid in het resultaat. Zo maakt het model bijvoorbeeld een inschatting van het type bodem en geeft het ook de variatie daarin aan.

RIVM rekenmodel spoorwegtrillingen: Vraag en antwoord

Oplevering, toetsing en plan beheer/onderhoud

- Wanneer wordt het model opgeleverd?
- Wordt er een second opinion gevraagd?
- Worden de metingen van ProRail meegenomen?

Het rekenmodel wordt 31 maart a.s. opgeleverd. Momenteel wordt er door het ministerie van I&W nagedacht over de communicatie omtrent het model. Vanaf ongeveer het tweede kwartaal van 2020 zal het als open source beschikbaar zijn. Daarnaast werkt het ministerie aan een plan voor het beheer en onderhoud van het model voor de komende jaren (road map- Management of Change). Vanuit de JFF is gevraagd wie daar de regisseur van wordt.

De validatie van het model vindt op dit moment plaats. Bij de ontwikkeling van het rekenmodel is een consortium betrokken, waar ProRail bijvoorbeeld deel van uitmaakt. Daarnaast is er een workshop geweest met buitenlandse partijen.

Dimensie

- Trillingen zijn dimensieloos. Hoe gaat dit in zijn werk? Wanneer heb ik hinder en in welke mate?
- Krijgen we inzicht in wanneer hinder 'erg' is?
- Hoe druk je hinder uit?

Het rekenmodel rekt met frequenties van trillingen in octaven. In het hinderbelevingsonderzoek gaan resultaten van metingen zoals 0.1, 0.2, 0.3 en verder gekoppeld worden aan percentages van omwonenden die daar hinder van ondervinden. Een uitkomst zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat bij 0.2 10% van de Nederlanders gehinderd wordt en bij 0.3 20%. Daarmee wordt waarde gegeven aan de metingen. Omdat de perceptie van hinder verschilt van persoon tot persoon wordt er een percentage aan gekoppeld. Het RIVM gaat adviseren over mate van hinder.

Onzekerheden (bodem en gebouw)

- Wat zijn onzekerheden en hoe worden die bepaald?
- Wordt er rekening gehouden met resonantie van een gebouw?
- Wie voert het type bodem in?
- Hoe specifiek wordt de ondergrond meegenomen?

Er zitten onzekerheden in het model, bijvoorbeeld met betrekking tot de bodem. In het model wordt gekeken naar scenario's. Van deze scenario's wordt de kans berekend. Uit het model komt een verwachting van de trillingen (een bandbreedte). De bodem invoer komt uit de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Als er bijvoorbeeld kleiruggen in een gebied voorkomen en de kans is 10% dat het gebouw op een kleirug staat, dan is er 10% kans op een bepaalde waarde van trillingen. Ook omtrent de gebouweffecten zitten onzekerheden. Met de vloerspanning wordt tot op een zeker hoogte de eigen frequentie van het gebouw meegenomen. De vloer heeft een eigen frequentie; het gebouw heeft dit niet.

Betrouwbaarheid en afstand

- Binnen welke afstand van het spoor is het model betrouwbaar?

De maximale rekenafstand is 300 meter. De minimale afstand moet nagevraagd worden maar is waarschijnlijk vanaf 10 of 25 meter. De betrouwbaarheid van het model wordt nu getoetst.

Spoorsloten, overgangen en het talud

- Wordt de aanwezigheid van spoorsloten meegenomen als invoer?
- Is het talud meegenomen? Kan dat gemodelleerd worden?
- Is er rekening gehouden met de stijfheid van de baan?

Het standaard talud is onderdeel van het spoor in het model. Er is een database opgebouwd met emissie waarden voor verschillende type bodems. Bij een slappe bodem gaat het model uit van de aanwezigheid van een sloot langs de spoorbaan. Ondergrondse wateraderen, overgangen en andere kunstwerken zoals tunnels zijn niet meegenomen in het model. Het model moet immers als uniforme rekenmethodiek dienen. Daar moet onderzoek op locatie voor verricht worden. De komende jaren kan het model uitgebreid worden. In de bijeenkomst is het ontbreken van bepaalde type kunstwerken in het model opgemerkt als aandachtspunt. Op de Brabantroute leidt bijvoorbeeld de overgang tussen de relatief zachte baan en de stijve spoorwegovergangen tot veel trillingsoverlast.

Treintypen, snelheden en onderhoud

- Is er gemeten met representatieve treintypen?
- Blijven het representatieve treintypen?
- Is onderhoud van het materieel meegenomen (en het effect daarvan)?
- Is er rekening gehouden met dienstregelingen (snelheden)?

Er zijn verschillende typen treinen gecategoriseerd van het huidig materieel. Ook is de correlatie tussen treintypen en snelheden gemeten. Voor ontwikkelingen in het onderhoudsregime -voor het verminderen van trillingen- moeten nieuwe metingen uitgevoerd worden. Spoorligging kan wel meegenomen worden in de berekeningen. Aanpassingen met betrekking tot snelheden kunnen niet meegenomen worden. Daarvoor moeten metingen toegevoegd worden. Wellicht kunnen kleine aanpassingen in snelheid ingevoerd worden met extrapolatie.

Het meetprotocol wordt nog uitgeschreven door het RIVM. Door de partijen is gevraagd of er alvast nagedacht kan worden of en hoe metingen van individuele partijen met een controlemechanisme toegevoegd kunnen worden, bijvoorbeeld uit pilots.

Bouw boven het spoor

- Kunnen trillingen bij gebouwen boven het spoor berekend worden?

Het model kan geen trillingsniveau berekenen voor gebouwen boven het spoor. Overigens geeft het model geen advies voor nieuwbouw rondom het spoor om trillingen te beperken.

Mitigerende maatregelen

- Zijn de effecten van mitigerende maatregelen (zoals betonplaten) meegenomen?
- Wordt het model driedimensionaal in de tweede versie?

Het model is tweedimensionaal. Overdrachtsmaatregelen waar trillingen omheen kunnen passen niet in het model. Daarvoor zou het een driedimensionaal model moeten worden. Dit is mogelijk een optie in de toekomst. Echter duurt een berekening nu enkele minuten, bij een driedimensionaal model zou dit tussen de 1 en 5 weken zijn (op een laptop). Maatregelen aan de baan die invloed hebben op het emissie systeem zitten nog niet in het model maar kunnen toegevoegd worden.

Bronoverdracht en meting diepte

- Wat is de doorslaggevende factor voor trillingen? Is dat de veroorzaker (emissie), de bodem of het gebouweffect?
- Is de emissie als eerste factor gemeten? Wordt de diepte meegenomen (aanstotingspunt)?

Er vindt een samenspel plaats tussen de drie factoren. Het gebouw kan bijvoorbeeld zorgen voor een demping maar ook voor een versterking van de trillingen. De trilopwekking is massa op het spoor per wiel. De individuele wielen zijn zichtbaar bij de metingen.

Er is nu tot 30 meter diep gemeten waar mogelijk. Er wordt met FEM (Finite Element Method) een berekening van 50 tot 150 meter gemaakt. Diepere trillingen hebben geen effect meer op gebouwen.

Temperatuur

- Over welke periodes zijn de emissies bepaald?
- Is er rekening gehouden met verschillende seizoenen/ de buitentemperatuur?

Metingen hebben in een periode van 2-3 weken achter elkaar plaatsgevonden. Er is niet in alle seizoenen gemeten en ook niet met vorst in de grond. Temperatuur-effect kan wellicht optreden. Dit is nog niet onderzocht. De differentiatie zou later toegevoegd kunnen worden door middel van extra metingen.

Schade

- Geeft het model aan wanneer er schade ontstaan aan gebouwen?

Het model gaat niet aangeven dat er schade is. Het geeft een waarde dat er (wel of niet) een risico kan zijn op schade volgens de SBR-A richtlijn.

Overige vragen

- Is overdracht van trillingen door de lucht meegenomen?
- Is er rekening gehouden met andere bronnen die trillingen veroorzaken als neveneffect (zoals een langsrijdende vrachtwagen)?



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 3

Omvang van het vraagstuk

bijeenkomst: 30 januari 2020

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

De derde bijeenkomst van de joint fact finding naar spoorwegtrillingen vond plaats op 30 januari jl. Het omvang van het vraagstuk stond centraal als thema. Er zijn presentaties gegeven door ProRail, de Nederlandse Spoorwegen (NS) en RailGood (gepresenteerd door Arno van Deursen). Het doel van de bijeenkomst was om aan de hand van beschikbare informatie inzicht te krijgen in meldingen van omwonenden over hinder van spoortrillingen en mogelijke knelpunten die gaan ontstaan door intensivering van het gebruik van het spoor en onderhoud.

Thema: Omvang van het vraagstuk

De deelnemers van de JFF hebben aangegeven inzicht te willen verkrijgen in de omvang van het vraagstuk. Daarbij gaat het om meldingen over trillingen en knelpunten die kunnen ontstaan door intensivering van het gebruik van het spoor en onderhoud. Inzicht in hoe het spoorstelsel werkt draagt bij aan het, op een later tijdstip, kunnen beoordelen van welke vragen gesteld moeten worden en of/hoe bepaalde onderzoeken uitgevoerd moeten worden.

Op de volgende vragen is antwoord geprobeerd te krijgen tijdens de bijeenkomst:

- Hoeveel meldingen zijn er gedaan door omwonenden over spoorwegtrillingen dit jaar en in het verleden?
- Waar in Nederland worden de meeste meldingen gedaan door omwonenden?
- Wat zijn de toekomstverwachtingen voor de komende jaren met betrekking tot goederen- en reizigersvervoer op het spoor? Waar wordt intensivering verwacht?
- Wat is er daadwerkelijk gereden het afgelopen jaar (prognoses vs. realiteit)?
- Wat gaat er qua onderhoud plaatsvinden aan het spoor en waar (incl. Ruhrgebied)? Wat voor effect gaat dat hebben op het spoor?

'Meldingen over trillingen' door Tryfon Roelofs (ProRail)

Vragen: Hoeveel meldingen zijn er gedaan door omwonenden over trillingen dit jaar en in het verleden? Waar in Nederland worden de meeste meldingen gedaan door omwonenden? Hoe wordt een klacht behandeld?

Meldingen over trillingen

De bij ProRail binnengekomen trillingsgerelateerde meldingen zijn in kaart gebracht voor de periode januari 2014 tot augustus 2019. De meldingen over hinder en/of schade door trillingen nemen in deze periode aanzienlijk toe: van 218 in 2014 tot 384 in 2019 (tot augustus). Het totaal aantal meldingen in 2018 was 751. De verwachting is dat in 2019 ook zo'n zelfde aantal meldingen is gedaan.

Jaar	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Aantal meldingen hinder en/of schade	218	312	456	594	751	384

*Periode januari 2014 t/m augustus 2019. bron: Presentatie 'Meldingen over trillingen'. Slide 2. Gebaseerd op cijfers van ProRail, afdeling Publieksvoorlichting.

en/of schade van toepassing is. Hiervan heeft 81,5% betrekking op hinderbeleving en 18,5% op schade. Uit deze statistieken valt niet de sterkte van de hinder af te lezen. Het RIVM voert momenteel een onderzoek uit naar hinder bij omwonenden waar een meer accuraat beeld uit zal komen over het aantal mensen dat hinder ondervindt.

Aantal meldingen van trillingen in de periode 1 januari 2014 - 15 augustus 2018			2321	
	Aantal vragen	161		
	Aantal complimenten	3		
	Aantal niet-geclassificeerd	2		
	Aantal meldingen van hinder en/of schade		2155	
		Aantal meldingen van hinder	1757	
	Aantal meldingen van schade	398		

bron: Presentatie 'Meldingen over trillingen'. Slide 3. Gebaseerd op cijfers van ProRail, afdeling Publieksvoorlichting.

Een kanttekening bij de cijfers is huishoudens die veelvuldig meldingen doen. Zeventien huishoudens die vaker dan vijf keer een trillingsgerelateerde melding bij ProRail hebben ingediend, hebben een aandeel van 19,6% op het totaal aantal meldingen. Eén huishouden vertegenwoordigt met 280 meldingen 13% van het totaal aantal meldingen. De 10 locaties met de meeste trillingsgerelateerde meldingen zijn, op aflopende volgorde: Velp, Utrecht, Den Bosch, Oisterwijk, Tricht, Eindhoven, Vught, Dorst, Tilburg en Amsterdam¹².

Behandeling klachten

Meldingen komen bij ProRail binnen bij de afdeling Publieksvoorlichting. Bij klachten wordt een intern onderzoek gestart naar het probleem. Als de klacht baan en spoor gerelateerd is voeren inspecteurs op locatie een controle uit en verhelpen indien mogelijk het probleem¹³. Zo kan het probleem bijvoorbeeld een losliggende wissel zijn. Er zijn verschillende oorzaken van trillingen waaronder de trein, het spoor, de ondergrond en de bouwstructuur van gebouwen. ProRail onderhoudt en beheert het spoor. Daarom kan ProRail zich enkel bezighouden met onderzoek naar mogelijke problemen rondom het spoor. Er wordt niet gekeken naar bijvoorbeeld de bouwstructuur van woningen. ProRail houdt niet in de statistieken bij wat de oorzaken van de problemen (aan het spoor) waren en of deze verholpen zijn.

'Afwikkeling (goederen)vervoer: Planningsissues -realisatie 2019 - OV Toekomstbeeld 2040' door Dennis Wittenberg en Marc Kampinga (ProRail)

Vragen: Hoe wordt onderhoud aan het spoor uitgevoerd?; Wat gaat er qua onderhoud plaatsvinden aan het spoor en waar (incl. Ruhrgebied)?; Wat voor effect gaat dat hebben op het spoor?; Wat zijn de toekomstverwachtingen voor de komende jaren met betrekking tot goederenvervoer op het spoor?; Waar wordt intensivering verwacht?; Wat is er daadwerkelijk gereden het afgelopen jaar (prognoses vs. realiteit)?

Routeringen

Het reizigersvervoer en het goederenvervoer rijdt tegelijkertijd over dezelfde routes in Nederland. Uitzonderingen hierop zijn uitsluitingen voor de ICE en de Thalys en de Betuweroute (Haven van Rotterdam- Emmerich). Belangrijke trajecten voor het spoorgoederenvervoer zijn o.a. de Betuweroute

¹² Bron: ProRail presentatie 'Meldingen over trillingen'. Slides 4 en 5. Gebaseerd op cijfers van de afdeling Publieksvoorlichting.

¹³ Een uitzondering hierop is wanneer er door hetzelfde huishouden meerdere meldingen zijn gedaan waarbij er al eerder onderzoek is uitgevoerd.

en de route naar Bentheim via het oosten van het land. Tijdens de reizigersspits rijden er aanzienlijk minder goederentreinen. Op de meeste baanvakken is er één of twee keer per uur, op sommige baanvakken oplopend tot vier keer, de mogelijkheid om een goederentrein te laten rijden op vaste momenten per uur. In de ochtend- en avondspits neemt het aantal af of vervalt deze mogelijkheid door extra reizigerstreinen. Afhankelijk van de herkomst of bestemming van een goederentrein zal deze een leegte laten vallen verderop in het traject. Omdat het goederenverkeer verschillende routes door het land rijdt zijn de effecten hiervan op andere tijdstippen en andere locaties merkbaar.

Bovendien verschilt dit van dag tot dag. Voorbeelden van baanvakken waar in de ochtendspits en/of avondspits extra reizigerstreinen rijden waardoor er geen rijmogelijkheid is voor goederen zijn Amsterdam – Haarlem, Arnhem - Nijmegen en Den Bosch - Oss. Omdat veel goederenvervoer grensoverschrijdend is, komt er een evenredige stroom het land in en uit verdeeld over 24 uur. In de nacht kan het goederenvervoer sneller rijden (tot de maximale toegestane snelheid op een traject)¹⁴.

Onderhoud

Iedere doordeweekse nacht wordt er aan het spoor gewerkt tussen 01.00 en 05.00u. Het reizigersvervoer ligt op dat moment stil. In verband met de veiligheid en punctualiteit moeten bij werkzaamheden twee sporen gelijktijdig buiten dienst zijn. In het weekend vinden grotere werkzaamheden plaats die niet in een tijdsbestek van 4 uur in de nacht uitgevoerd kunnen worden. Bij werkzaamheden rijdt het goederenvervoer altijd door, ook in de nacht. Het vervoer wordt dan over andere routes geleid. Dit betekent dat goederentreinen soms op trajecten rijden waar ze normaal niet rijden. Bij langdurige werkzaamheden wordt hierover gecommuniceerd met omwonenden. Bij meer gebruik van het spoor zal het spoor sneller slijten en zijn er meer onderhoudswerkzaamheden nodig waardoor treinen over andere routes geleid worden. Op de omleidingsroutes worden vaker klachten ingediend over trillingen.

Groei in 2019

Zowel in treinkilometers als in tonkilometers (lading) is er een groei in 2019 ten opzichte van 2018, respectievelijk 5 en 6%. Daarnaast is groei ook zichtbaar in het aantal treinen. Duitsland is nog steeds de belangrijkste af- en aanvoerder van goederenvervoer. Er is een toename op de route van Rotterdam/Kijfhoek naar Blerick/Venlo. Deze route gaat over de Brabantroute. Op deze route zitten baanvakken met rond de 20 000 treinen (jaar totaal in beide richtingen), vergelijkbaar met de Betuweroute. Dit vervoer gaat richting Duitsland, Switzerland, Italië, Oostenrijk en de Balkan. Daarnaast groeit het vervoer op de noord (west)zuid as, onder andere van en naar België en Frankrijk. Deze stromen gaan dwars door Nederland vanaf Antwerpen en Terneuzen richting Bad Bentheim. De baanvakken in het oosten hebben een ordergrootte van 6000 treinen. Dit is voornamelijk een belangrijke route voor het goederenvervoer richting Oost-Europa, China en Scandinavië. Ook de haven van Rotterdam is een aanjager van het spoorgoederenvervoer¹⁵.

Grensontwikkelingen

Ontwikkelingen bij de grenzen en in omliggende landen zijn goed zichtbaar in het gebruik van de routes over het jaar. Een voorbeeld is het effect van de omleidingen naar aanleiding van het werk aan het derde spoor in Duitsland in juli en augustus 2019, waardoor de Betuweroute aanzienlijk minder gebruikt kon worden¹⁶. In Duitsland wil men het Ruhrgebied ontlasten en ook ontwijken vervoerders dit drukke gebied bij voorkeur indien mogelijk.

¹⁴ Bron: ProRail presentatie 'Afwikkeling (goederen)vervoer: Planningsissues -realisatie 2019 - OV Toekomstbeeld 2040'. Slides 2 en 4; Dennis Wittenberg (Capaciteitsmanagement, ProRail).

¹⁵ Bron: ProRail presentatie 'Afwikkeling (goederen)vervoer: Planningsissues -realisatie 2019 - OV Toekomstbeeld 2040'. Slides 6 t/m 10.

¹⁶ Idem: slide 6.

Toekomst spoorgoederenvervoer

Er wordt intensivering van het spoorgoederenvervoer in de toekomst voorzien. Momenteel wordt er 42 miljoen ton vervoerd over het spoor. De ambitie geformuleerd in het Maatregelenpakket spoorgoederenvervoer is dat 61 miljoen ton goederen vervoerd wordt over het spoor in 2030. Voor 2040 is de ambitie 77 miljoen ton. Daarnaast zijn er ambities vanuit de klimaatdoelstellingen¹⁷.

De bij deze ambities horende groei moet goed passen in de omgeving. Met name de realisatie van het derde spoor van de Betuweroute in Duitsland is hierbij belangrijk. ProRail en het ministerie zijn middels een stuurgroep hierover in gesprek met het Duitse ministerie van infrastructuur. Het is een langdurig proces waar zij maar marginaal invloed op hebben. Ook de stromen richting Bad Bentheim zijn belangrijk, voornamelijk voor het vrijmaken van capaciteit voor het reizigersvervoer op andere routes. Er wordt onderzocht hoe er op een andere manier gebruik gemaakt kan worden van de Betuweroute richting Bad Bentheim (o.a. via de Twentekanaallijn, via Deventer of een nieuw aan te leggen route). Dit goederenvervoer is een andere stroom dan dat over de Brabantroute.

‘Spoorgoederenvervoer in beeld’ door Arno van Deursen (Lineas Nederland)/ Presentatie van RailGood

Vraag: Wat zijn de toekomstverwachtingen voor de komende jaren met betrekking tot goederenvervoer op het spoor?

In 2019 was er een stijging van ca. 9% in het goederenvervoer¹⁸. Belangrijke herkomsten en bestemmingen zijn: de haven van Rotterdam, Zeeland, Amsterdam IJmond, Moerdijk, Tilburg en Limburg. De goederenvervoerders die aangesloten zijn bij RailGood hebben een sterk marktaandeel op Midden-Duitsland, Zwitserland en Italië. Groeimarkten voor hen zijn Oostenrijk, Polen, Tsjechië, België, Zuid-Duitsland en China. Ook neemt het vervoer van en naar Frankrijk toe. Wanneer er geen werkzaamheden plaatsvinden gaat 50% van het goederenvervoer van en naar Duitsland (in totaal drie grensovergangen) over de Betuweroute¹⁹.

De groei in het spoorgoederenvervoer zit in het intermodale segment. Bedrijven combineren short sea shipping, goederenvervoer over de weg en over het spoor²⁰. Eén volle goederentrein vervoert even veel als 56 vrachtwagens samen²¹. In Nederland zou 12% van het stukgoed en containervervoer dat nu per vrachtwagen vervoerd wordt, over het spoor vervoerd kunnen worden. Een modal shift van weg naar spoor kan een belangrijke bijdrage leveren aan het halen van de klimaatdoelstellingen voor 2050²². De verwachting is dat het transport (alle vervoerstypen) met nog eens 30% zal toenemen in Europa²³. Nederland, België en Noordrijn-Westfalen zijn belangrijke logistieke punten in Europa in verband met de ligging dichtbij de havens en commerciële centra.

¹⁷ Bron: ProRail presentatie 'Afwikkeling (goederen)vervoer: Planningsissues -realisatie 2019 - OV Toekomstbeeld 2040'. Slide 11 en 13.

¹⁸ Niet gespecificeerd t.o.v. welk jaar.

¹⁹ Bron: Arno van Deursen. RailGood presentatie 'Spoorgoederenvervoer in beeld'. Slide 3.

²⁰ Idem: slide 6.

²¹ Bron: ProRail n.d. Spoorgoederenvervoer. Beschikbaar op: <https://www.prorail.nl/spoorgoederenvervoer>

²² Bron: TNO 2017. Rapport: Modal shift van weg naar spoor. Potentie tot 2050 en effect op CO2- uitstoot' in RailGood presentatie 'Spoorgoederenvervoer in beeld'. Slide 7.

²³ Bron: Arno van Deursen. RailGood presentatie 'Spoorgoederenvervoer in beeld'. Slide 10.

‘Marktontwikkelingen reizigersvervoer’ door Alex Bruijn (NS)

Vragen: Wat is er daadwerkelijk gereden het afgelopen jaar (prognoses vs. realiteit)?; Wat zijn de toekomstverwachtingen voor de komende jaren met betrekking tot het reizigersvervoer op het spoor? Waar wordt intensivering verwacht?

Programma Hoogfrequent Spoorvervoer

Het Programma Hoogfrequent Spoorvervoer (PHS) in samenwerking met het ministerie van I&W, ProRail en Koninklijk Nederlands Vervoer (KNV) loopt van 2011 tot 2028. Sinds 2018 is het spoorboekloos rijden tussen Amsterdam en Eindhoven (iedere 10 minuten een trein) een feit. Met name in baanvakken in de randstad en in de omliggende regio zal het aantal reizigerstreinen in de spits toenemen als de dienstregeling doorgroeit naar de dienstregeling zoals voorzien in het PHS. Ook zal er elk kwartier een intercity gaan rijden tussen Breda, Tilburg en Eindhoven wanneer het vierde perron op Tilburg gerealiseerd is. Daarnaast is er de wens om de sprinterdienst tussen Breda en Tilburg uit te breiden wanneer de Betuweroute aan de Duitse zijde (derde spoor) gereed is. Dit is momenteel nog niet te combineren met het goederenvervoer op de Brabantroute. Daarnaast zijn er nog enkele andere trajecten die gaan groeien zoals bij Maastricht en Sittard die buiten het PHS vallen²⁴.

Capaciteit, gerealiseerde en geprognosticeerde groei

De Nationale Markt en Capaciteits Analyse (NCMA) voorziet knelpunten vanaf 2030. De NCMA concludeert dat de PHS- dienstregeling al in 2030 tekort zal schieten. Op verscheidene baanvakken zal de bezettingsgraad boven de 90% zijn. Naar 2040 toe zal de bezettingsgraad en daarmee de problematiek alleen maar verder toenemen. Het risico ontstaat dat reizigers, bijvoorbeeld tijdens de spits, dan niet allemaal meegenomen kunnen worden. Samen met het ministerie en met regionale overheden wordt daarom gewerkt aan het Toekomstbeeld OV 2040²⁵.

Ook de gerealiseerde groei van reizigerskilometers (op landelijk niveau) is significant hoger dan de geprognosticeerde groei door het NCMA. Van 2014 tot 2018 prognosticeerde het NCMA een groei van 8%, echter is de gerealiseerde groei in deze periode 10%. De groei verschilt per traject. Sommige trajecten en baanvakken hebben in de spits al meer intercityreizigers dan geprognosticeerd voor 2030 (het eindbeeld). De reizigersaantallen blijven groeien²⁶.

Conclusie

Tijdens deze bijeenkomst is informatie getoond over meldingen van omwonenden over hinder en schade van spoortrillingen, onderhoud aan het spoor en de gevolgen daarvan, en toekomstverwachtingen met betrekking tot het goederen- en reizigersvervoer over het spoor. Aan de hand van cijfers van ProRail is duidelijk geworden dat het aantal meldingen van omwonenden over spoorwegtrillingen in de loop der jaren toe is genomen. ProRail en RailGood hebben getoond hoe het vervoer van goederen over het spoor toeneemt, passende bij de ambities geformuleerd in het Maatregelenpakket spoorgoederenvervoer. De NS heeft laten zien hoe de reizigersaantallen de laatste jaren toenemen; sneller dan de prognoses van het NCMA.

²⁴ Bron: NS presentatie ‘Marktontwikkelingen reizigersvervoer’. Slide 3.

²⁵ Idem: slides 4 en 5.

ProRail 2017. Achtergrondrapportage NMCA Spoor 2030- 2040. Beschikbaar op:

<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2017D11853&did=2017D11853>

Programma Toekomstbeeld OV 2019. Contouren Toekomstbeeld OV 2040. Beschikbaar op:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/08/19/rapport-contouren-toekomstbeeld-ov>

²⁶ Bron: NS presentatie ‘Marktontwikkelingen reizigersvervoer’. Slide 6.

NS 2019. Halfjaarcijfers NS: Reizigersgroei zet door, spoorplafond in zicht. Beschikbaar op:

<https://nieuws.ns.nl/halfjaarcijfers-ns-reizigersgroei-zet-door-spoorplafond-in-zicht/>

Meer informatie: <https://www.nsjaarverslag.nl>

In deze informatie zijn twee trends zichtbaar: het aantal meldingen van hinder van spoortrillingen neemt jaarlijks toe en er wordt een verdere intensivering van het goederen- en reizigersvervoer verwacht de komende jaren. Deze informatie geeft echter geen zicht in hoe vervoersaantallen gerelateerd zijn aan trillingen en hoe groot het probleem is. Het RIVM voert momenteel een onderzoek uit naar hinder voor omwonenden van spoortrillingen. Pas na analyse van de resultaten uit dit belevingsonderzoek kan een dosis-effectrelatie opgesteld worden.

Naar aanleiding van de presentaties zijn een aantal vragen gesteld:

- *Pieken en dalen in meldingen*: Zijn er pieken en dalen te onderscheiden in trillingsgerelateerde meldingen over hinder en schade gedurende het jaar?
- *Invloed temperatuur*: Heeft temperatuur invloed op spoortrillingen? (Gerelateerd aan de bovenstaande vraag). In onderzoek rondom de Brabantroute is bij het ene spoor aangetoond dat temperatuur van invloed is op de trillingen en bij het andere spoor niet. Er kan hierover nog geen conclusie getrokken worden.
- *V_{max} vs. V_{per}* : Op dit moment is er veel aandacht voor de V_{max} van trillingen. De verwachting is dat meer treinen op het spoor daar niet veel invloed op zal hebben. *Meer treinen heeft wel invloed op de V_{per} . Is het zinvol om meer aandacht te besteden aan de V_{per} ?*
- *Onderhoud*: Meer treinen op het spoor leidt tot snellere slijtage en de noodzaak voor meer onderhoud. Bij onderhoudswerkzaamheden rijden treinen over omleidingsroutes waar vaker meldingen van hinder wordt gedaan. *Hoe kunnen we meer treinen laten rijden en tegelijkertijd het spoor minder snel laten slijten?*
- *Onderhoud*: Bij onderhoudswerkzaamheden worden twee sporen gelijktijdig afgesloten. In het buitenland wordt vaak maar één spoor afgesloten en rijden treinen met verminderde snelheid. Zou bij specifieke werkzaamheden (zoals op de Betuweroute) alleen een enkelspoor afgesloten kunnen worden?

Aanvullende informatie

Kamerbrief van de minister van Infrastructuur en Waterstraat inzake uitvoering motie Amhaouch/Schonis: capaciteit spoor richting 2030. 20 februari 2020.

Beschikbaar op:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/02/20/brief-inzake-uitvoering-motie-amhaouch-schonis-capaciteit-spoor-richting-2030>

Kamerbrief van de minister van Infrastructuur en Waterstraat inzake voortgang spoorgoederenvervoer en Betuweroute. 21 februari 2020.

Beschikbaar op:

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/02/21/voortgang-spoorgoederenvervoer-en-betuweroute>



JFF Spoortrillingen Bijeenkomst 4 en 5

Spoortrillingen en schade aan gebouwen

Bijeenkomst: 23 april en 14 mei 2020

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

De vierde en vijfde bijeenkomst van de Joint Fact Finding naar Spoorwegtrillingen vonden plaats op 23 april en 14 mei jl. over het thema ‘Spoortrillingen en schade aan gebouwen’. Het doel was om meer te leren over de relatie tussen spoortrillingen en schade aan gebouwen.

Sprekers

De sprekers waren Dion van der Sanden (Dorst Trilt), Chiel Roovers (ProRail) en Carel Ostendorf (Cauberg Huygen). Dion van der Sanden is ervaringsdeskundige en heeft zijn ervaring toegelicht met schade aan zijn woning in Dorst en de schadeclaimprocedure bij ProRail. Chiel Roovers, manager omgevingseffecten en specialist op het gebied van geluid, trillingen en externe veiligheid bij ProRail, heeft een toelichting gegeven op de schadeclaimprocedure bij ProRail. Carel Ostendorf, senior adviseur bij Cauberg Huygen en medeauteur van SBR Richtlijn A, heeft de SBR Richtlijn A toegelicht en de lopende actualisatie van het schadeprotocol van ProRail.

Vragen waarop antwoord gezocht is tijdens de bijeenkomsten zijn o.a.:

- Hoe wordt schade aan gebouwen ervaren?
- Wat is de procedure bij schadeafhandeling? Hoe wordt schade beoordeeld?
- Wat voor typen schade aan gebouwen zijn er?
- Wat is het verband tussen (spoor)trillingen en schade aan gebouwen?

Verslag

Tijdens de bijeenkomsten hebben de deelnemers de sprekers vragen gesteld over onderwerpen binnen het thema spoortrillingen en schade aan gebouwen en zijn zij hier met elkaar over in gesprek gegaan. In dit verslag zijn de opgedane inzichten en resterende onzekerheden weergegeven per subthema.

Inhoudsopgave

Schade en hinder	2
SBR Richtlijn A	3
Schadeclaimprocedure en protocol	5
Ervaring met schade	8
Second Opinion Brabantroute.....	9
Beleid en overig.....	10
Voorstellen.....	10
Inzichten en conclusies	11
Meer lezen	12

Schade en hinder

Het ontstaan van schade

Een trilling plant zich voort door de bodem en heeft een bepaalde golflengte. Een trilling drukt de onderkant van het gebouw samen en trekt tegelijkertijd de bovenkant uit elkaar. Dat verschil in belasting in een vlak, zoals een muur, kan ertoe leiden dat er scheuren ontstaan. Ook kan er een buiging ontstaan uit het vlak. Trillingen van treinen zorgen voor een wisselende druk. Zolang de wisselende druk onder de specifieke grenswaarde (V_r , zie uitleg op pagina 6) blijft is er een kans van minder dan 1% op schade²⁷.

Wat is schade?

Claims over schade door trillingen hebben een juridische basis in de onrechtmatige daad (artikel 162 Burgerlijk Wetboek 6). Algemeen geldt dat als iemand schade wil claimen bij een partij waarvan hij of zij vindt dat die partij verantwoordelijk is voor de schade, de bewijslast voor de schade en het onrechtmatig handelen ligt bij de claimende partij. Als er geen overeenstemming bereikt wordt tussen de partijen kan de claimende partij de rechter vragen om een onafhankelijke deskundige onderzoek te laten doen (in eerste instantie betaald door de claimende partij), waarbij na dit onderzoek de rechter een uitspraak kan doen waar beide partijen aan gebonden zijn²⁸.

Typen schade

Het begrip schade wordt gedefinieerd in de SBR Richtlijn A. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de aspecten veiligheid en waarde van een gebouw. Constructieve schade is schade waardoor er een gevaarlijke situatie ontstaat in het gebouw, bijvoorbeeld door instortingsgevaar. Niet-constructieve schade is schade waarbij het uiterlijk van het gebouw wordt aangetast, bijvoorbeeld scheuren in de muur. Deze schade leidt tot kosten en waardevermindering van gebouwen. Voor constructieve schade zijn de grenswaarden van de SBR Richtlijn A zeer streng. De kans is veel kleiner dan 1%. Ook de kans op niet-constructieve schade is kleiner dan 1%²⁹.

Schade is een breed begrip. Ook voor gezondheidsklachten kan een zaak aanhangig gemaakt worden bij de rechter. Echter is het, in vergelijking met fysieke schade, lastiger om hiervoor de causaliteit aan te tonen³⁰. Tijdens deze bijeenkomsten werd met schade fysieke schade aan gebouwen bedoeld. Het thema gezondheid komt later aan bod.

Schade voor bewoners

Voor omwonenden is met name de financiële component van schade belangrijk. Er treedt waardevermindering van de huizen op; de WOZ-waarden van de woningen dalen. Voor velen is een woning ook deel van het pensioen³¹.

Oorzaken & schadebeeld

Schade door trillingen geeft eenzelfde schadebeeld als andere invloeden die leiden tot schade. Daarbij kunnen oorzaken gezamenlijk leiden tot schade. Bij onderzoek naar mogelijke schade door trillingen moeten daarom ook altijd andere oorzaken onderzocht worden. In de praktijk is het lang niet altijd mogelijk om één specifieke oorzaak vast te stellen³².

²⁷ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 12- 13.

²⁸ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting voor bijeenkomst 23 april 2020.

Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 15.

²⁹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020. SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 12.

³⁰ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

³¹ Dion van der Sanden, Dorst Trilit. Presentatie voor en toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

³² Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 4. & Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

Spoortrillingen & variabelen

Eigenschappen van het gebouw, de samenstelling van de bodem en het spoor vormen een variatie voor de manier waarop trillingen ontstaan en zich uiten in de woning. Voor experts is het nog altijd lastig om de effecten van deze variabelen te onderscheiden in specifieke situaties³³.

Afstand

Afstand is een belangrijke parameter. Door metingen is gebleken dat een aantal meter naar links of rechts een groot verschil kan betekenen in trillingssterkte. Er kan niet gesteld worden dat er in een gebouw dat dichterbij een trillingsbron staat automatisch meer schade ontstaat dan in een ander gebouw dat hier verder van afstaat. Er zijn gevallen bekend waarbij gebouwen die verder bij een bron vandaan stonden toch meer schade hadden. Oorzaken hiervoor zijn bijvoorbeeld reflecties in bodemlagen. Ondanks dat er lokaal sonderingen gedaan kunnen worden blijft de bodem verrassend. Wel kan er gesteld worden (in het geval van spoortrillingen): hoe dichterbij het spoor, hoe hoger de trillingen en hoe groter de kans daardoor op schade³⁴.

Andere oorzaken van schade

Andere invloeden kunnen leiden tot eenzelfde schadebeeld als trillingen. Voorbeelden zijn veranderingen in de bouwkundige constructie door een verbouwing, de ouderdom van materialen, verschillen in temperatuur en relatieve vochtigheid³⁵. Bij een verbouwing gaan spanningen in het gebouw zich bijvoorbeeld opnieuw verdelen over de constructie. Ook de bodem moet opnieuw haar evenwicht vinden. Dat kan betekenen dat er spanningen ontstaan op nieuwe plekken, wat op termijn kan leiden tot o.a. scheuren³⁶. Wanneer een schadeclaim wordt ingediend bij ProRail, worden sinds twee jaar naast trillingsmetingen ook bouwkundige inspecties gedaan. In veel van de rapporten geven bouwkundigen aan dat de kans 90-95% is dat dergelijke andere oorzaken dan spoortrillingen de schade hebben veroorzaakt³⁷. Deze observatie leidde tot de vraag of alle woningen schade krijgen in de loop der tijd.

SBR Richtlijn A

Sinds 1993 bestaat de SBR Richtlijn A: Schade bij gebouwen. De richtlijn is opgesteld voor toepassing bij bestaande bouwwerken waar metingen uitgevoerd kunnen worden. Door gemeten trillingsniveaus te vergelijken met specifieke grenswaarden kan een ordegrootte van de kans op schade als gevolg van de trillingen afgeleid worden. De richtlijn heeft geen wettelijke status, echter is er veel jurisprudentie waar richtlijn A als toetsingskader wordt gebruikt. Het kennisinstituut Stichting Bouwresearch Rotterdam (SBR) is in december 2017 opgeheven. Inmiddels beheert kennisplatform CROW (oorspronkelijk: Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechiek) de SBR richtlijnen³⁸.

Revisies en meetgegevens

In 2002 en 2006 hebben revisies van de richtlijn plaatsgevonden in de vorm van tekstuele verbeteringen. De meest recente revisie is afgerond in 2017. Hiervoor hebben Cauberg Huygen en TNO een plan opgesteld met aandacht voor vier aspecten:

- (1) Inzicht in de kans op schade bij overschrijding van de grenswaarden;
- (2) evaluatie van de grenswaarde voor trillingsgevoelige funderingen;

³³ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

³⁴ Ibid.

³⁵ Meer lezen: SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 10.

³⁶ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 14. & Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

³⁷ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomsten 23 april en 14 mei 2020.

³⁸ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 2, 3, 5 en 6.

- (3) de rol van initiële spanningen en bouwkundige staat;
- (4) redactie van de nieuwe richtlijn.

De onafhankelijke Commissie 1445 van SBRCurnet met in totaal 36 leden uit bedrijven, kennisinstituten, adviesbureaus en (semi)overheden is verantwoordelijk geweest voor deze revisie. Bij de samenstelling van de commissie is gezocht naar technisch inhoudelijke kennis bij mensen die aan de bronkant zitten (aannemers, spoor, wegen, industrie), mensen die aan de ontvangerkant zitten (aannemers, verzekeringen, gemeenten, producenten van “voor trillingen gevoelige apparatuur”) en mensen die bij adviesbureaus en kennisinstituten werken. De richtlijn is geschreven door een kernteam bestaande uit Cauberg Huygen, TNO, Deltares, Level Acoustics & Vibration en SBRCurnet. De andere leden van de commissie hebben commentaar gegeven, meetgegevens aangeleverd, ervaringen gedeeld en discussies gevoerd. Het onderzoekswerk is grotendeels betaald vanuit bijdragen vanuit de commissie zelf en onderzoeksfondsen waaraan strenge voorwaarden zijn verbonden³⁹.

Bij de laatste revisie die in 2017 is afgerond zijn nieuwe meetgegevens meegenomen. Leden van de commissie, die metingen uitvoeren, hebben geanonimiseerde meetgegevens uit projecten uit het verleden aangeleverd met specificaties over onder andere het type woning, type trillingsbron, afstand tot de bron en Vtop (de grootste trillingsnelheid in absolute zin tijdens de meetperiode). Ook het wel of niet voorkomen van schade was een specificatie. Deze specificatie bleek complex omdat het kan zijn dat schade niet is gerapporteerd of dat een claim niet is onderzocht. Deze gegevens zijn vertaald naar een indicatie van de relatie tussen trillingsniveau en kans op schade. Uit de nieuwe data bleek dat het onderzoek wat in 1993 gebruikt is als basis redelijk correct was. Daarbij moet rekening gehouden worden met dat de richtlijn een kans of schade aangeeft en geen absolute waarde⁴⁰.

Richtlijn: Toepassing en grenswaarden

De richtlijn is opgebouwd uit twee sporen. Het eerste spoor behandelt het uitvoeren van trillingsmetingen, voorwaarden voor meetapparatuur en het bewerken van meetresultaten. Het tweede spoor gaat over grenswaarden: hoe kom je in een specifieke situatie tot een juiste grenswaarde van trillingen waarmee de gemeten trillingsniveaus vergeleken kunnen worden⁴¹.

Voor iedere specifieke situatie wordt een grenswaarde (V_r in mm/s) gesteld. Zo leidt ten eerste het materiaal waaruit het bouwwerk is opgebouwd tot de karakteristieke grenswaarde (V_{kar}). Afhankelijk van de omstandigheden worden andere veiligheidsfactoren toegepast op deze V_{kar} waardoor de eis steeds strenger wordt. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan kans op resonantie door passages van lange treinen en ook wordt voor monumenten een veiligheidsfactor in rekening gebracht. De richtlijn bevat meerdere grenswaarden die van toepassing zijn voor verschillende onderdelen van het gebouw (draagconstructie op begane grond, niet dragende onderdelen, verdiepingen en fundering). De grenswaarden zijn tenslotte nog afhankelijk van de dominante frequentie. De grenswaarde is het strengst bij lage frequenties tussen de 1 en 10 hertz. Treinen veroorzaken tussen de 2 en 30 hertz⁴².

Als de gemeten trillingswaarde hoger is dan de grenswaarde bestaat er volgens de richtlijn een kans op schade die groter is dan 1%. 1% wordt in de richtlijn beschouwd als een maatschappelijk aanvaardbaar

³⁹ SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 5- 6.

Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 2 en 4.

Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting in reactie op navraag op 14 mei 2020.

⁴⁰ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 5.

⁴¹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 7.

Lees meer: SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Hoofdstuk 9 Bepaling van de trillingsbelasting, pagina 43- 52, en Hoofdstuk 10 Grenswaarden, pagina 53- 72.

⁴² Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 7- 10 & Toelichting in reactie op navraag op 2 juni 2020.

Lees meer: SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Hoofdstuk 10.2 Relevante aspecten ter bepaling grenswaarde, pagina 57- 59.

riscio omdat een kans nooit uit te sluiten valt. Hoe groter de overschrijding van de grenswaarde hoe groter de kans op schade. In de laatste versie van de richtlijn uit 2017 is de kans op schade verduidelijkt wanneer de grenswaarde wordt overschreden. Als de gemeten trillingswaarde een factor twee groter is dan de grenswaarde, dan bestaat er bijvoorbeeld ongeveer 10% kans op schade⁴³.

Veiligheidsfactoren: Herhaling en breekgrenzen

Ieder materiaal heeft een breekgrens. Men neemt vaak aan dat een zich regelmatig herhalende actie leidt tot schade, bijvoorbeeld het herhaaldelijk tikken op de muur met een hamer. Bij steenachtige materialen ontstaat echter geen vermoeiing. Een trilling die onder de “breekgrens” blijft, mag eendeloos blijven bestaan. Zodra deze grens overschreden wordt ontstaat er schade. Dit hoeft niet direct een grote scheur te zijn, maar kunnen ook kleinere scheuren dieper in het materiaal zijn die niet direct zichtbaar zijn. De overschrijding van de breekgrens is steeds opnieuw nodig om verergering van schade te krijgen⁴⁴.

Voegen en stucwerk

Ook de voeg en de stuclaag hebben breekgrenzen. De kans is redelijk groot dat in de voeg scheuren ontstaan als de verbinding van het materiaal op die plek minder goed is, in vergelijking met bijvoorbeeld de rest van het steen. Scheuren ontstaan altijd op plekken waar er minder verbinding is. Schade in stucwerk komt veel voor omdat het weinig elasticiteit en sterkte bezit. De kans op schade en het moment van het eventueel optreden van die schade is afhankelijk van allerlei factoren. Bijvoorbeeld: Is het materiaal goed aangebracht? Is de ondergrond goed voorbereid? Heeft het droogproces voldoende gelijkmatig plaatsgevonden? Welke krachten werken op het stucwerk als gevolg van temperatuur en vochtigheid? Zit het stucwerk over een verbinding van twee verschillende materialen bijvoorbeeld hout en steen of metselwerk en voegwerk? Welke andere mechanische belastingen treden op (deuren sluiten, traplopen)? Wat is de leeftijd van het stucwerk? Alle factoren samen zorgen ervoor dat voor kritische plekken de kans op schade redelijk groot is, zeker op de langere termijn als de kwaliteit van het materiaal op basis van leeftijd langzaam achteruit gaat en steeds minder goed de wisselende belastingen op kan vangen⁴⁵.

Veiligheidsfactoren: Duur en resonantie

In de richtlijn wordt de duur van trillingen verrekend door middel van een veiligheidsfactor. Voor herhalende kortdurende trillingen moet de grenswaarde gedeeld worden door 1,5 (grenswaarde wordt lager en dus strenger) en voor continue trillingen gedeeld worden door 2,5. Korte treinpassages (5- 10 seconden) gelden als herhalende kortdurende trillingen, lange treinen zoals goederentreinen of lange intercity's (bijvoorbeeld 30 seconden) als continue trillingen. Deze veiligheidsfactor wordt toegepast in verband met de kans op resonantie in het gebouw. Er gaat enige tijd overheen voordat resonantie zich opbouwt. Bij één klap is er bijna geen kans op resonantie. De veiligheidsfactor wordt daarom groter bij passages van langere treinen. De trilling krijgt dan de kans om zich op te bouwen. Resonantie ontstaat doordat de trillingsfrequentie van de trein hetzelfde is als de trillingsfrequentie van bijvoorbeeld een muur. Door resonantie neemt de sterkte van trillingen toe⁴⁶.

Schadeclaimprocedure en protocol

ProRail heeft in de jaren '90 besloten om in bepaalde gevallen zelf onderzoek te laten doen naar het causale verband tussen geconstateerde schade en spoortrillingen. In 1999 heeft TNO Bouw, experts

⁴³ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 10 en 11.

SBR CURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 10.

⁴⁴ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

Lees meer: SBR CURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Pagina 58. 19 Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁴⁵ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁴⁶ Ibid.

op het gebied van woningconstructies, een schadeprotocol opgesteld in opdracht van Rail Infra Beheer (voorloper van ProRail) voor het beoordelen van klachten over schade in woningen. In 2004 en 2014 heeft ProRail het protocol door TNO laten actualiseren⁴⁷. Momenteel vindt ook een actualisatie plaats omdat de SBR Richtlijn A in 2017 is vernieuwd. Deze bevindt zich in de afrondende fase. Voor deze actualisatie is een database aangelegd met resultaten van trillingsmetingen uit 2004-2019⁴⁸. Sinds twee jaar worden ook bouwkundige inspecties uitgevoerd bij schadeclaims in opdracht van ProRail, naast de trillingsmetingen⁴⁹.

Dit schade protocol geeft aan:

- in welke situaties het causale verband bij voorbaat is uit te sluiten;
- op welke wijze in de overige gevallen het trillingsonderzoek en het bouwkundig onderzoek kan worden uitgevoerd om tot een verantwoorde conclusie te komen.

ProRail past sinds 1999 dit protocol toe bij alle binnenkomende schadeclaims als gevolg van spoortrillingen. Onderzoeken worden alleen uitgevoerd als de claimende partij daar akkoord voor geeft. Daarnaast staat het de claimende partij na een eventuele afwijzing van de claim door ProRail vrij om zelf een alternatief onderzoek te laten uitvoeren en alsnog naar de rechter te stappen, of via de rechter een onafhankelijke deskundige een onderzoek te laten doen⁵⁰.

Stappen protocol

Het schadeprotocol bestaat uit drie stappen. In stap 1 wordt een afstandsbeoordeling gemaakt op basis van een beperkt aantal gegevens. Dit zijn het type trein, bodemsoort, gebouwkenmerken (hoogte en categorie SBR A) en het type spoor (aarde baan of kunstwerk). In het protocol zijn afstanden opgenomen voor verschillende omstandigheden. Buiten die afstand is het onwaarschijnlijk dat er schade is ontstaan door spoortrillingen (1% of minder kans) en wijst ProRail de schadeclaim af. Anders vindt er in stap 2 aanvullend onderzoek plaats op basis van gedetailleerde informatie (kenmerken spoor, wijzigingen spoor, wijzigingen woning en bouwwerkzaamheden in omgeving woning). Stap 3 bestaat uit het uitvoeren van trillingsmetingen en een bouwkundige inspectie⁵¹. Bij onderzoek naar de invloed van trillingen op de schadekans wordt de SBR Richtlijn A gevolgd⁵².

Afstandsbeoordeling (Stap 1)

Bij de afstandsbeoordeling ligt de spreiding in de afstanden tussen de 6 en de 60 meter⁵³. Omwonenden hebben aangegeven dat de gehanteerde afstanden voor het eerst genoemd werden in de versie van het schadeprotocol uit 2004⁵⁴. Dat protocol is gebaseerd op data van trillingsmetingen uit de jaren 90. In die jaren hebben goederentreinen met lagere snelheden (maximaal 90 km/uur) gereden, waaruit voor omwonenden volgt dat deze afstanden niet langer zou moeten gelden als maximale afstand⁵⁵.

⁴⁷ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting voor bijeenkomst 23 april 2020.

⁴⁸ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 16. & Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁴⁹ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁵⁰ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting voor bijeenkomst 23 april 2020.

⁵¹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. 23 april 2020. Presentatie Trillingen, kans op schade en SBR Richtlijn A. Slide 17.

⁵² Er zijn drie type metingen: de indicatieve meting, de beperkte meting en de uitgebreide meting. Afhankelijk van het type meting, geldt een veiligheidsfactor waarmee het meetresultaat moet worden vermenigvuldigd.

Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting in reactie op navraag op 2 juni 2020.

Lees meer: SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017. Hoofdstuk 8.4 Type meting, pagina 29- 31.

⁵³ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting in reactie op navraag op 2 juni 2020.

⁵⁴ Omwonenden gaven aan dat 30 meter de maximale afstand (afstandsbeoordeling) is voor alle typen situaties. Echter ligt de spreiding tussen de 6 en 60 meter. De afstand van 30 meter komt relatief vaak voor in rapporten omdat deze geldt voor verschillende situaties.

Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting in reactie op navraag op 2 juni 2020.

⁵⁵ Henk Derks, RONA. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

Voor de huidige actualisatie zijn resultaten van trillingsmetingen bij woningen langs het spoor uit 2004-2019 toegevoegd. Deze zijn gebruikt om de gehanteerde afstand opnieuw tegen het licht te houden. Ook is aan de commissie gevraagd om duidelijk aan te tonen in de nieuwe versie van het schadeprotocol dat een causaal verband buiten die afstand niet mogelijk is (niet groter dan 1%)⁵⁶.

Op basis van de nieuwe meetgegevens die zijn meegenomen in de huidige actualisatie van het protocol, wordt in de praktijk nog een zeer kleine kans op schade verwacht in de meest ongunstige situatie op een afstand van 60 – 70 meter van het spoor. In veel gevallen is de situatie gunstiger en wordt de trilling al uitgedempt op een kortere afstand⁵⁷.

Rapportages

De rapportages van de trillingsonderzoeken en bouwkundige inspecties worden gedeeld met omwonenden zelf. Dit zijn vrij technische rapportages met veel data. Voor omwonenden zijn deze rapportages lastig om te begrijpen⁵⁸. De deelnemers lijkt het wellicht nuttig als onderzoeksbureaus de rapportages kort toelichten aan omwonenden om de data te duiden.

Terugkerende schade

Het terugkeren van schade als de oorzaak niet wordt verholpen is geconstateerd als een belangrijk dilemma, zowel in het geval van ProRail die schadevergoeding uitkeert als in het geval van een bewoner die ervoor kiest om zelf de schade te laten repareren. Voor de reparatie is het in ieder geval belangrijk om de schade zo te repareren dat deze enige elasticiteit krijgt⁵⁹.

Lessen onderzoeken tot nu toe

ProRail ontvangt elk jaar ongeveer twintig tot dertig schadeclaims als gevolg van spoortrillingen⁶⁰. Op basis van het protocol worden daarvan een aantal claims afgewezen en wordt er bij ongeveer vijf tot tien van die claims onderzoek uitgevoerd (trillingsmetingen en bouwtechnisch onderzoek)⁶¹.

Tot nu toe is in de meeste onderzoeken bij woningen met schade geconcludeerd dat de schade niet komt door spoortrillingen. Andere invloeden zoals veranderingen in de bouwkundige constructie worden hiervoor aangewezen. Het causale verband is nooit uit te sluiten, maar de waarschijnlijkheid is dan 1% of minder. Als de relatie 1% of kleiner is keert ProRail geen schadevergoeding uit. ProRail heeft de afgelopen jaren enkele keren schade erkend middels de schadeclaimprocedure en een schadevergoeding uitgekeerd. In deze gevallen is het causale verband tussen spoortrillingen en de schade niet onomstotelijk vastgesteld, maar was er tussen de 1 en 5% kans op schade door spoortrillingen⁶².

Reflectie op eigen handelen ProRail

In de eerste bijeenkomst op 23 april jl. is gevraagd hoe ProRail op haar eigen handelen reflecteert. ProRail probeert het mogelijke causale verband zo goed mogelijk te laten onderzoeken door onafhankelijke onderzoeksbureaus die beschikken over de meest recente kennis. Ook de lopende actualisatie heeft tot doel om de meest recente informatie te gebruiken in het protocol. Men observeert dat er veel angst is bij omwonenden voor schade, terwijl er bij de onderzoeken alleen nauwelijks causale verbanden (kans van boven de 1%) worden vastgesteld. Voor ProRail staat vast dat veel omwonenden van het spoor overlast ervaren van spoortrillingen en wil hier ook iets aan doen. De vraag of

⁵⁶ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁵⁷ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁵⁸ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁵⁹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁶⁰ Deze aantallen geven niet per definitie een indicatie van de grootte van het probleem. Dit is het aantal claims dat bij ProRail binnenkomt. Mogelijk dienen sommige omwonenden met schade aan hun woningen geen claims in.

⁶¹ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁶² Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

spoortrillingen tot schade leidt aan woningen is ook voor ProRail een belangrijk vraagstuk waar men antwoord op zoekt⁶³.

Ervaring met schade

Casus woning Dion van der Sanden

Dion van der Sanden (Dorst Trilt) heeft zijn ervaring gedeeld met het ontstaan van schade aan zijn huis en de schadeclaimprocedure bij ProRail. In april 2017 ontstonden er bij Dion van der Sanden scheuren in de muren van zijn woning. Zijn burens, als ook omwonenden van het spoor in Oisterwijk en Rijen, bleken tevens hinder te ondervinden aan spoortrillingen en meenden ook schade aan hun woningen te hebben hierdoor. Van der Sanden ziet een correlatie tussen het type materieel dat over het spoor rijdt en de schade⁶⁴.

Oorzaak

Voor Van der Sanden is het moment waarop de schade ontstond een belangrijke aanwijzing voor de oorzaak van de schade. In april 2017 is een nieuwe dienstregeling van de NS van start gegaan en zijn er Traxx-locomotieven op hogere snelheden gaan rijden over de Brabantroute voor personenvervoer. Onderzoek van Movares (2018) in opdracht van ProRail heeft aangetoond dat een Traxx-locomotief die op hogere snelheden rijdt (130- 140 km/uur) meer en sterkere trillingsniveaus veroorzaakt, voornamelijk nabij overwegen⁶⁵. Echter is niet erkend of aangetoond dat deze sterkere trillingsniveaus ook tot schade leiden. Van der Sanden vraagt zich af of dit materieel (Traxx-locomotieven) bepaalde karakteristieken heeft die leiden tot schade: Veroorzaakt het een bepaalde frequentie van trillingen? Is er een samenspel met de hogere snelheid waarmee de Traxx rijdt voor personenvervoer?⁶⁶

Onderzoek en rapportage

Gezamenlijk hebben omwonenden uit Dorst, Oisterwijk en Rijen met schade aan hun woningen contact gezocht met ProRail. In opdracht van ProRail heeft onderzoeksbureau Quattro Expertise bij Dion van der Sanden onderzoek uitgevoerd waarvoor er tweemaal metingen zijn verricht en een bouwkundige inspectie. In dit onderzoek is geen causaal verband aangetoond tussen de spoortrillingen en schade aan de woning en daarmee de schade niet erkend. Een uitbouw van zijn woning in de jaren '70 is aangewezen als oorzaak. Van der Sanden is er echter van overtuigd dat de spoortrillingen tot schade hebben geleid aan zijn woning. Hij legt een verband tussen het moment waarop de schade ontstond (april 2017) en de start van het rijden van de Traxx-locomotief op hogere snelheden. Hij vraagt zich af of het feit dat de trillingen elkaar voortdurend opvolgen geen effect heeft. Er is ook geen overeenstemming over het moment waarop de schade is ontstaan. Quattro Expertise heeft geconcludeerd dat de schade al eerder is ontstaan dan april 2017. Van der Sanden geeft aan dat dit onjuist is. Hieruit blijkt hoe lastig het is om het bestaan ofwel niet bestaan van een causaal verband aan te tonen als er geen nulmeting is uitgevoerd of fotografisch bewijs is⁶⁷.

Informatieavonden ProRail Brabantroute

De afgelopen jaren heeft ProRail een aantal avonden voor omwonenden van het spoor bij de Brabantroute georganiseerd over spoortrillingen. Van der Sanden gaf aan hier goed te zijn geïnformeerd, maar ook uitermate teleurgesteld te zijn dat de schade aan de woningen (met spoortrillingen als oorzaak) nog niet is erkend⁶⁸.

⁶³ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁶⁴ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Presentatie voor bijeenkomst 23 april 2020.

⁶⁵ Movares 2018. Trillingsonderzoek Brabantroute: Onderzoek naar oorzaken trillingsklachten (D79- PBO-KA-1800189).

⁶⁶ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁶⁷ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Presentatie voor bijeenkomst 23 april 2020 & Toelichting tijdens bijeenkomsten op 23 april en 14 mei 2020.

⁶⁸ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Presentatie voor bijeenkomst 23 april 2020.

Aantonen causaal verband

Het aantonen van een kans op een causaal verband tussen spoortrillingen en schade aan een gebouw gebeurt door een onafhankelijk onderzoeksbureau een onderzoek (trillingsmetingen) uit te laten voeren, waarbij de gemeten waarden worden vergeleken met de bijbehorende grenswaarden volgens de SBR Richtlijn A⁶⁹. Een inzicht en belangrijk aandachtspunt voor de deelnemende groepen omwonenden is dat het aantonen van een causaal verband voor omwonenden wordt bemoeilijkt door meerdere factoren.

Ten eerste is kostbaar onderzoek nodig. Als onderdeel van de schadeclaimprocedure bij ProRail voeren onafhankelijke onderzoeksbureaus onderzoeken uit. Mochten omwonenden het niet eens zijn met de resultaten van het onderzoek, kunnen zij alsnog naar de rechter stappen en zelf door een onafhankelijke deskundige onderzoek uit laten voeren voor of nadat ProRail aan het protocol begint⁷⁰. Echter hebben omwonenden vaak niet de middelen om dit type onderzoek voor eigen rekening te nemen. Zo komt het voor dat de kosten van het laten uitvoeren van een onderzoek om een causaal verband aan te tonen al overeenkomen met de kosten om de schade te laten repareren⁷¹. Lastig daarbij is dat schade vervolgens terug kan komen als de oorzaak niet wordt verholpen. Ten tweede geven meerdere invloeden hetzelfde schadebeeld als spoortrillingen. Er kan dus alleen een kans op schade berekend worden, en niet onomstotelijk vastgesteld worden dat schade door (spoor)trillingen komt. Tenslotte is het voor experts ook nog lastig om de invloeden te onderscheiden van verschillende variabelen van spoortrillingen (spoor, trein, bodem, gebouw)⁷².

Wantrouwen ten aanzien van onderzoek

Tijdens de bijeenkomst is geconstateerd dat omwonenden hun twijfels hebben over de huidige kennis over het ontstaan van schade door spoortrillingen. Resultaten van onderzoeken die aangeven dat er minder dan 1% kans is op schade door spoortrillingen worden gewantrouwd. Omwonenden zien schade ontstaan en leggen een verband tussen de waargenomen schade en de trillingen die zij dagelijks voelen. Vervolgens zetten zij vraagtekens bij de gebruikte modellen, de richtlijnen en de wijze waarop metingen zijn uitgevoerd. Bovendien speelt mee dat ProRail de opdracht tot onderzoek verstrekt aan de bureaus en dat de technische rapportages met de omwonenden worden gedeeld zonder verdere toelichting.

Second Opinion Brabantroute

De afgelopen jaren heeft er een flinke toename in klachten plaatsgevonden van inwoners van Dorst, Rijen en Oisterwijk bij de Brabantroute. De gemeenten hebben besloten om een second opinion uit te laten voeren door onafhankelijk deskundigen. Dit volgde op een tweejarig overleg over de trillingsproblematiek bij de Brabantroute waar onder andere ProRail, gemeenten, NS, ministeries en bewonerscomités aan deel hebben genomen. In deze second opinion, uitgevoerd door de Omgevingsdienst Midden en West-Brabant, zijn bij een aantal huizen in Dorst, Oisterwijk en Rijen metingen verricht. De eerste resultaten van deze onderzoeken tonen aan dat de kans op schade door trillingen dicht tegen, maar onder, de 1% kans blijft. Verder zijn er bij metingen op hogere verdiepingen in de woningen sterkere trillingsniveaus gemeten in vergelijking met metingen op de begane grond. Ook is aangetoond dat in de zomerperiode trillingswaarden hoger zijn dan in de winterperiode. Er komt een tweede second opinion die in mei gereed zal zijn⁷³.

⁶⁹ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁷⁰ Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁷¹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁷² Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 23 april 2020.

⁷³ Dion van der Sanden, Dorst Trilt. Toelichting tijdens bijeenkomsten op 23 april en 14 mei 2020. Chiel Roovers, ProRail. Toelichting tijdens bijeenkomst op 23 april 2020.

Beleid en overig

Vergunning bij verbouwing

Bij de verbouwing van een woning in Nederland is een bouwvergunning nodig. In de bijeenkomst is gevraagd waarom omwonenden die een bouwvergunning hebben gekregen, achteraf alsnog te horen kunnen krijgen dat schade aan de huizen is ontstaan door een verbouwing terwijl de situatie op het spoor tegelijkertijd wijzigt. Het bouwbesluit kent geen regels of toets op trillingsgevoeligheid van een woning. Er wordt niet getoetst op trillingen die van buiten de woning komen⁷⁴.

Voor nieuwbouw zijn er meerdere toetsingsgronden die een rol spelen bij bouwaanvragen, bijvoorbeeld vastgelegd in de Woningwet en in de toekomst in de Omgevingswet. In het bestemmingsplan heeft de gemeente bijvoorbeeld de bevoegdheid om regels met betrekking tot trillingsgevoeligheid op te nemen. Ook is hiervoor de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen ontwikkeld⁷⁵.

Voorstellen

Tijdens de bijeenkomst zijn twee voorstellen gedaan voor onderzoeken.

Ten eerste is voorgesteld om bij ingrijpende veranderingen aan het spoor waar een toename in trillingssterkte wordt verwacht, bijvoorbeeld in de dienstregeling, in de bestaande woningen langs het betreffende traject nulopnames uit te laten voeren van de (staat van de) woning. Bij schadeclaims die later ingediend worden kan de schade vergeleken worden. Dit gebeurt momenteel al bij bouwwerkzaamheden.

Ten tweede is een voorstel gedaan voor een onderzoek naar een mogelijke correlatie tussen niet constructieve /cosmetische schade in woningen dichtbij het spoor en vergelijkbare woningen verder weg van het spoor en andere trillingsbronnen⁷⁶.

Toelichting voorstel onderzoek:

Trillingsmetingen in woningen langs het spoor geven over het algemeen waarden die ruim liggen onder de grenswaarde uit de SBR Richtlijn A. Op grond van de SBR deel A is de kans op oorzakelijk verband tussen de trillingen en de schade dan ook vrijwel altijd (ruim) kleiner dan 1%. Het feit dat er andere oorzaken moeten zijn, volgt vooral uit de toetsing aan de SBR deel A. De redenering daarbij is: er is geen overschrijding van de grenswaarde, daarom is er geen oorzakelijk verband, daarom moeten er andere oorzaken zijn. Wat die andere oorzaken in specifieke gevallen zijn, kan ook meestal niet precies worden gezegd. Het doel van dit praktijkonderzoek zou zijn om deze redenering te toetsen. Als er bij trillingsterktes onder de grenswaarde geen oorzakelijk verband is tussen trillingen en niet-constructieve/cosmetische schade, zou er geen statistisch verschil moeten zijn tussen woningen dicht bij het spoor en vergelijkbare woningen verder weg van het spoor of andere trillingsbronnen.

Voorstel:

1. Neem een flink aantal woningen binnen 50 meter van spoortrajecten waar sprake is van trillingshinder.
2. Neem eenzelfde aantal woningen die qua bouwjaar, bouwstijl, ondergrond, etc. zoveel mogelijk vergelijkbaar zijn met de woningen uit groep 1. die liggen op meer dan 200 meter van het spoor of van andere trillingsbronnen (installaties, drukke wegen, verkeersdrempels etc).
3. Onderzoek beide groepen woningen op (mate van) scheurvorming (aantal scheuren per woning, lengte van de scheuren, loszittende tegels etc.)

⁷⁴ Bert Noppers, Gemeente Utrecht. Toelichting tijdens bijeenkomst 14 mei 2020.

⁷⁵ Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen.

⁷⁶ Herman Aalderink, Gemeente Hengelo. Dit voorstel is via de mail verder toegelicht op 4 mei 2020.

4. Kijk of er een significant verschil is in scheurvorming e.d. tussen beide groepen woningen.
5. Blijkt uit het onderzoek dat er geen significant verschil is, dan kun je gevoeglijk aannemen dat de veronderstelling dat scheurvorming wordt veroorzaakt door andere oorzaken dan trillingen juist is.
6. Is er wel een substantieel verschil, dan zou je wellicht kunnen stellen dat niet-constructieve/cosmetische schade een mogelijk aspect van trillingshinder is.

Om het onderzoek enigszins behapbaar te houden zou de hulp van gemeenten ingeroepen kunnen worden. De onderzoeker maakt handleidingen en checklists met relevante factoren om woningen en schades te inventariseren. Deze worden beschikbaar gesteld aan spoorgemeenten met de vraag om woningen te selecteren, bewoners te benaderen en bouwkundigen van de gemeenten de woningen te laten inspecteren en checklists in te vullen.

Reactie

In respons werd aangegeven dat er een aantal praktische bezwaren zijn. Er zijn erg veel variabelen die een rol spelen bij het ontstaan van schade. Voor iedere variabele zou er een aantal woningen nodig zijn om het effect te toetsen. Wellicht zou er verder gesproken kunnen worden over het onderzoek.

Inzichten en conclusies

Tot slot hebben de deelnemers de inzichten die zijn hebben opgedaan tijdens de twee bijeenkomsten, door met elkaar en met de experts in gesprek te gaan, kort aangestipt. Dit zijn inzichten en conclusies van individuele deelnemers van de Joint Fact Finding en niet van de groep.

Algemeen

- Kennis: Er is nog weinig of er ontbreekt nog specifieke kennis over schade aan bestaande bouw langs het spoor. Er is de hoop dat deze kennis middels de JFF wordt verworven.
- Tijd: Alle onderzoeken en beleidsprocessen omtrent spoortrillingen duren erg lang. Dit probleem speelt al jaren en de verwachting is dat het nog lang gaat duren voordat er een oplossing komt op deze wijze.

Ontstaan van schade en SBR Richtlijn A

- Herhaling en duur van trillingen: Bij trillingssterktes die (ruim) onder de kritische Vtop liggen, leidt het herhaald of langdurig aanwezig zijn van trillingen niet tot het alsnog ontstaan van schade.
- Onderbouwing relatie: Er is een sterkere bouwkundige onderbouwing van de relatie tussen schade en hinder nodig. Momenteel zijn er twijfels over SBR Richtlijn A. Onderbouwing van deze richtlijn is nodig bijvoorbeeld middels een toelichting van een bouwkundige of een onderzoek zoals voorgesteld (pagina 14- 15). Dit zou veel angst voor schade bij omwonenden kunnen wegnemen.

Causaal verband/ Oorzaak schade

- Complexiteit: Een causaal verband aantonen tussen schade aan gebouwen en (spoor)trillingen is uitermate lastig.
- Positie omwonende: Er lijkt altijd een onderbouwing te zijn voor de schade, waarbij andere oorzaken voor de schade dan het spoor worden aangewezen. Deze onderbouwingen zijn lastig te weerleggen. De burger trekt voor zijn of haar gevoel altijd aan het kortste eind.
- Andere oorzaken: Er worden alleen redenen genoemd waardoor de schade niet door spoortrillingen kan zijn veroorzaakt. Er wordt nooit gezegd dat spoortrillingen wel de oorzaak kan zijn. De normen en voorschriften werken tegen de bewoner.

Toelichting onderzoek

- **Toelichting:** Mensen die hinder of schade ondervinden hebben behoefte om beter mee te worden genomen in de methodiek en de uitkomsten van onderzoek (rapporten).
- **Rapporten:** Technische onderzoeksrapporten moeten wellicht een eenvoudige samenvatting krijgen waar in simpele bewoordingen is uitgelegd wat de resultaten van het onderzoek zijn.

Meer lezen

SBR Richtlijn A:

SBRCURnet 2017. SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan Bouwwerken 2017.

Beschikbaar op:

https://www.crow.nl/downloads/pdf/kennisbank/2019/sbr_trillingsrichtlijn_deel_a_2017.aspx

Onderzoek naar trillingen op de Brabantroute:

Movares 2018. Trillingsonderzoek Brabantroute: Onderzoek naar oorzaken trillingsklachten (D79-PBO-KA-1800189).

Beschikbaar op:

https://www.prorail.nl/siteassets/homepage/projecten/documenten/trillingsonderzoek_brantroute_movares_1.pdf



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 6

Nieuwbouw aan het spoor

Bijeenkomst: 11 juni 2020

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

De zesde bijeenkomst van de Joint Fact Finding naar Spoortrillingen over het thema 'Nieuwbouw aan het spoor' vond plaats op 11 juni jl. Het doel was om meer te leren over (1) overdracht van trillingen naar gebouwen, (2) trillingsreducerende maatregelen in gebouwen en (3) de ervaringen van gemeenten met bouwprojecten aan het spoor en de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen.

Sprekers

De sprekers waren Reinoud Fennema (ingenieursbureau DGMR), Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond). Reinoud Fennema, adviseur geluid & trillingen bij DGMR, heeft trillingsgedrag van gebouwen en de toepassing van trillingsreducerende maatregelen toegelicht. Bert Noppers, (beleids)adviseur geluid en trillingen bij de Gemeente Utrecht, en Karin Aquina, adviseur afdeling Ondernemen en Ontwikkelen bij de Gemeente Helmond, hebben hun ervaringen gedeeld met ontwikkelplannen aan het spoor in Utrecht en Helmond. Waar moet je als gemeente rekening mee houden bij nieuwbouwprojecten aan het spoor in het kader van de gemeentelijke ruimtelijke ordening?

Verslag

Tijdens de bijeenkomst hebben de deelnemers de sprekers vragen gesteld over onderwerpen binnen het thema nieuwbouw langs het spoor. In dit verslag zijn de opgedane inzichten uit de twee presentaties en de vragenronde en aandachtspunten weergegeven per subthema.

Trillingsopwekking, overdracht en gebouwstructuur

Trillingen in gebouwen zijn o.a. afhankelijk van het mechanisme dat de trilling opwekt, de bodemsamenstelling en de gebouwstructuur. Wanneer de eigenfrequenties van de bodem en het gebouw overeenkomen met de frequentie van de opgewekte spoortrilling ontstaat er een recept voor trillingsproblematiek. Eén van de lastigste stappen in het trillingsonderzoek voor bouwprojecten is het berekenen van de overdracht van trillingen van de bodem naar het gebouw.

Trillingsopwekking op het spoor en de rol van de bodem

Frequentiegebieden en mechanismen

Drie mechanismen gerelateerd aan het rijden van treinen leiden tot spoortrillingen. Deze mechanismen zijn ieder actief in een uniek frequentiegebied:

- *Frequenties van 3 tot 5 Hz:* aslast van treinen
- *Frequenties van 5 tot grofweg 28 Hz:* invloeden op de omloopsnelheid van de wielen (vlakke plaats of butts op wiel)
- *Frequenties van 28 tot 63 Hz:* afstanden van dwarsliggers en hogere orde wieldefecten

De trilsnelheid (in dB re. 1 nm/s)⁷⁷ hangt samen met de gevoeligheid van het type bodem voor specifieke frequenties. Om die reden is het per nieuwbouwproject belangrijk om te onderzoeken welke trillingen op een traject worden opgewekt en welk type bodem daar aanwezig is. Het is niet mogelijk om een relatie aan te geven tussen een bepaald frequentiegebied en schade aan gebouwen⁷⁸.

Tijdens de bijeenkomst is gevraagd naar de invloed van goederentreinen. Het antwoord daarop is dat trillingen in het frequentiegebied tussen de 1 en 5 Hz in de praktijk voornamelijk worden opgewekt door zwaarbelaste goederentreinen die rijden met een snelheid tussen de 70 en 90 km/uur. Op trajecten met

⁷⁷ Decibel (referentie 1 nm/s). 1 nm/s (= 10⁻⁹ m/s) komt overeen met 0 dB en 1 mm/s (= 10⁻³ m/s) met $20 \cdot \log(10^{-3}/10^{-9}) = 120$ dB.

⁷⁸ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slide 4. & Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

minder goederentreinen komen minder laagfrequente trillingen voor. Daarnaast veroorzaken goederentreinen, in vergelijking met reizigerstreinen, vaker trillingshinder bij bebouwing op grotere afstand tot het spoor⁷⁹.

Bodemsamenstelling en overdracht naar het gebouw

Bodemsamenstelling

De samenstelling van de bodem, voornamelijk van de bovenste lagen, bepaalt voor een belangrijk deel welke trillingen er aankomen bij een gebouw. Nederland kent een aantal typische gebieden. Grofweg kunnen die verdeeld worden in drie categorieën en gerangschikt op basis van toenemende stijfheid:

- Veen- en kleigebieden (zeeklei) in het Westen
- Klein-, leem- en zandafzettingen in rivierdalen
- Zandgronden in het oosten van het land en delen van Brabant en de Veluwe

Deze typen bodemlagen kennen ieder eigenfrequenties. Wanneer de frequenties van de (spoor)trillingen overeenkomen met deze eigenfrequenties van de bodem kunnen de trillingen zich gemakkelijk voortplanten in de bodem⁸⁰.

Overdracht door de bodem

Als de wielen van de trein contact maken met de spoorstaven wordt er een kracht uitgeoefend die zich omzet in golven (drukgolven/ schuifgolven/ oppervlaktegolven) in de bodem. Wanneer golven reflecteren van de harde bodemlaag naar de oppervlakte treedt er conversie op en ontstaan zogenaamde Raleighgolven. Deze verplaatsen zich zowel door het maaiveld als door de dieperliggende bodemlagen en komen aan bij het gebouw.

Hoe een gebouw wordt aangestoten hangt af van de afstand tot de bron en de verhouding van de stijfheid van de lagen van de bodem. Bij een afstand dichterbij de bron lopen er nog veel trillingen via de bovenste laag, terwijl er op grotere afstand meer wordt overgedragen via de dieperliggende (zand)laag. De sterkte van de trillingen op het maaiveld heeft geen lineaire relatie met het vermogen om een gebouw aan te stoten. Bij de overdracht naar de gebouwfunctie vindt er namelijk een overdrachtsverzwakking plaats, die mede afhankelijk is van de bodemsamenstelling. Er ontstaat een recept voor trillingsproblemen als de trillingen waar de bodem gevoelig voor is overeenkomen met de eigenfrequenties van een gebouw⁸¹.

Trillingsonderzoek

Eén van de lastigste stappen in het trillingsonderzoek voor bouwprojecten is het berekenen van de overdracht van trillingen in de bodem naar het gebouw (fundering). Dit blijft tot verrassingen leiden. Deze trillingsoverdracht wordt vaak bepaald op basis van ervaringswaarden van eerdere vergelijkbare projecten. Ook kan er gerekend worden met geavanceerde rekenmodellen zoals de eindige-elementenmethode (EEM). Indien mogelijk wordt op locatie gemeten bij gebouwen met een vergelijkbare fundering als het geplande project.

Voor trillingsmeetonderzoek wordt momenteel meestal in het maaiveld gemeten en niet in diepere lagen van de bodem. In theorie is het mogelijk om sensoren dieper te plaatsen, maar in de praktijk gebeurt dat zelden in verband met kosten. Dicht op het spoor hebben trillingen op het maaiveld een groter aandeel in de trillingsoverdracht met de diepte en zou het verstandig zijn om op (meerdere) diepte(s) te meten. Op grote afstand is een minder sterke afhankelijkheid van de diepte te verwachten.

⁷⁹ Reinoud Fennema, DGMR. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁸⁰ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slides 3 en 5.

⁸¹ Idem: slide 6.

Verkennde metingen in diepere lagen is tevens denkbaar bij onderzoek voor ingrijpende wijzigingen aan een ontwerp van een gebouw vanwege verwachte trillingsproblematiek of bij onderzoek voor bestaande constructies als maatregelen in de bodem overwogen worden.

Gebouwstructuur en trillingsproblematiek

De trillingsproblematiek hangt logischerwijs ook samen met de constructie van het gebouw zelf. De massa en stijfheidsverhoudingen beïnvloeden hoe een gebouw op de bij de fundatie aangeboden trilling reageert. Trillingen kunnen in een gebouw ontstaan in horizontale en verticale richting:

- *Horizontale richting:* het gebouw maakt bijvoorbeeld een kantelbeweging waarbij het per verdieping steeds verder uitbuigt.
- *Verticale richting:* ieder gebouw op een elastische bodem heeft eigenfrequenties, die afhankelijk zijn van de funderingswijze, de verhoudingen (hoogte/breedte/diepte) en de stijfheid van de constructie.

Ieder gebouw op een elastische bodem heeft eigenfrequenties, die afhankelijk zijn van de funderingswijze, de verhoudingen (hoogte/breedte/diepte) en de stijfheid van de constructie. Naarmate de massa van het gebouw toeneemt en het funderingssysteem slapper is, of de bodem onder het funderingssysteem slapper is, zullen de trillingsfrequenties in het gebouw lager zijn. Als de massa van het gebouw beperkter is in combinatie met een stijve bodem, zal de trillingsfrequentie in het gebouw hoger zijn.

De eigenfrequentie van de vloer is tevens een belangrijke factor bij trillingen. Er worden relatief veel trillingen opgewekt in het frequentiegebied tussen de 5 en 16 Hz door onregelmatigheden die te maken hebben met slechte wielkwaliteit. Wanneer de eigenfrequentie van de vloer in datzelfde gebied ligt, vindt er opslinging plaats, waarbij zelfs een versterking van factor 10 mogelijk is. Woningbouwvloeren hebben typisch eigenfrequenties tussen de 10 en 20 Hz. Bij een houten vloer is dat vaak 5 tot 20 Hz. Om trillingsversterking door vloeren te beperken in bebouwing binnen 50 tot 100 meter van het spoor moet de stijfheid van vloeren soms verhoogd worden, dit hangt af van het gekozen vloertype en de vloeroverspanning in relatie tot de bodemsamenstelling en het spoorgebruik⁸².

Maatregelen trillingsreductie

De effectiviteit van trillingsreducerende maatregelen is afhankelijk van de frequenties van de (spoor)trillingen en de eigenfrequenties van het gebouw. Maatregelen in gebouwen moeten afgestemd worden op de specifieke situatie voorliggend. Er kunnen maatregelen getroffen worden in de fundering, de vloeren of middels trillingsisolatie, maar ook in de vorm van toepassing van kavelindeling of realisatie van hoogbouw.

Frequentiegebied

Welke trillingsreducerende maatregelen effectief zijn, is afhankelijk van de frequenties van de trillingen die opgewekt worden. Voor laagfrequente trillingen (tot 5 Hz), zeker in combinatie met een slappe bodem, is het lastig om met trillingsisolatie te werken. De enige optie om op voorhand trillingen te reduceren is om zwaarder te bouwen en soms om dieper en zwaarder te funderen. De meest voor de hand liggende optie voor deze situatie is om verder van het spoor af te bouwen. Voor middelfrequente trillingen (ca. 6,3 tot 16 Hz) kunnen de bovengenoemde maatregelen tevens gebruikt worden. Daarnaast kan er gestuurd worden op de vloerstijfheid. Door deze buiten het frequentiegebied te houden van de spoortrillingen wordt versterking van de trillingen voorkomen. Daarnaast is slappe trillingsisolatie bij de fundatie mogelijk. Ondergrondse trillingskerende constructies (OTC) en sleuven zijn veel onderzochte maatregelen. Echter worden deze in de praktijk weinig toegepast in verband met de kosten. Bij

hoogfrequente trillingen (ca. 32 tot 63 Hz) kan stijvere trillingsisolatie bij de fundering toegepast worden, evenals OTC en sleuven⁸³.

Maatregelen: Fundering

De wijze waarop de fundering is aangelegd biedt mogelijkheden om trillingen te reduceren. Bij gebouwen dichtbij het spoor waarbij er veel trillingen lopen via de bovenste lagen van de bodem, is een fundering op palen een optie. Met zwaardere en/of langere palen, dan op grond van de bodemsamenstelling vereist, is het mogelijk om trillingen te reduceren. Voor enig effect zijn paallengtes van tenminste 8 meter wenselijk, maar zoveel meer als nodig om tot op een draagkrachtige laag te komen. Als paallengtes van 15 meter of meer al nodig zijn om in de dragende zandlaag te komen dan zullen langere palen nog maar beperkt effect hebben. In een slappe bodemlaag hebben lange palen vaak weinig effect op horizontale trillingen⁸⁴.

Maatregelen: Vloeren

Voor vloeren is het belangrijk om een eigenfrequentie binnen het gebied tussen de 6,3 en 15 Hz te vermijden omdat dit in veel gebieden in Nederland een dominante frequentie is. Om trillingsversterking te beperken kan de stijfheid van vloeren verhoogd worden. Hier zijn verschillende methodes voor: De vloer kan constructief dikker uitgevoerd worden. Verder kan de veel voorkomende kanaalplaatvloer in plaats van tweezijdig ook vierzijdig ondersteund worden en ingeklemd worden in plaats van opgelegd⁸⁵.

Bij de trillingsonderzoeken wordt gewoonlijk geprobeerd het trillingsniveau van het midden van de vloer te voorspellen. Adviesbureaus verschillen in opvatting over de benodigde duur van meetonderzoeken. Langer meten betekent een grotere kans op hoge meetwaarden en meer problemen voor de ontwikkelaar. Voor de SBR richtlijn B wordt immers de V_{max} gehanteerd. Ook zijn er grote verschillen in aanpak van trillingsprognoses tussen bureaus met verschillende uitkomsten tot gevolg. Het RIVM uniforme rekenmodel voor spoortrillingen zal dat terug moeten dringen.

Muren en wanden kunnen ook trillen en leiden tot zichtbare of hoorbare trillingen (geluid) in bijvoorbeeld daaraan gemonteerde objecten. Niveaus van trillingssterkte in de muren en wanden (horizontale richting) worden wel berekend maar niet gepresenteerd of beoordeeld in de onderzoeksresultaten omdat de SBR Richtlijn B daar niet op toeziet⁸⁶. De SBR-B gaat over vloertrillingen en het voelbaarheidsaspect van trillingen.

Maatregelen: Trillingsisolatie

Trillingsisolatie is een meer ingrijpende maatregel. In het bijzonder als het slapverende trillingsisolatie moet zijn voor laagfrequente trillingen (6,3 – 15 Hz). De eigenfrequentie van het gebouw moet dan lager zijn. Een voorbeeld is een gebouw op veren. De isolatie kan geplaatst worden tussen de bovenbouw en de kelder (utiliteitsbouw) of tussen de vloer en de randbalken (woningen). Dit is bij gebouwen tot maximaal 8 bouwlagen goed uitvoerbaar, maar daarboven kunnen er problemen ontstaan met de stabiliteit van het gebouw en draagkracht van de veren. Tevens ontstaat er kans op trillingsversterking bij een te lage afveerfrequentie. Bij problemen met laagfrequent geluid (boven de 32 Hz) is het mogelijk om stijvere trillingsisolatie toe te passen⁸⁷.

Maatregelen: Functie en bouwtype

Als trillingsreducerende maatregelen niet effectief zullen zijn, is een voor de hand liggende maatregel om verder van het spoor af te bouwen. Een tweede optie is om een andere kavelindeling toe te passen waarbij zwaardere en hogere gebouwen dicht bij het spoor worden gebouwd met daarachter lage

⁸³ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slide 11.

⁸⁴ Idem: slide 13.

⁸⁵ Idem: slide 14.

⁸⁶ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020. & Reinoud Fennema, DGMR. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁸⁷ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slides 15 en 16.

gebouwen. Tevens kan er per functie gescheiden worden waarbij aan de spoorzijde meer kantoor en retailruimte komt en verder van het spoor afgelegd meer woningbouw en zorg.

Zwaar bouwen is altijd in het voordeel tegen opzichte van licht bouwen omdat trillingen enige tijd nodig hebben om tot ontwikkeling te komen in een gebouw. Hoe meer massa, hoe langzamer een gebouw in beweging komt. Een korte trein is het gebouw al gepasseerd voordat deze het gebouw volledig in trilling heeft kunnen brengen. Daarnaast neemt bij hoogbouw ook de elasticiteit van de constructie toe. Hoogbouw is gevoelig voor zeer laagfrequente trillingen. Omdat de mensen minder gevoelig is voor zeer lage frequenties is hierdoor minder sprake van hinder. Voor wat hogere frequenties vindt er per verdieping een verzwakking van trillingen plaats. Hinder door laagfrequent geluid is dan ook veelal beperkt tot de onderste verdiepingen van het gebouw⁸⁸.

Aanwijzingen in vroeg stadium

Omdat in een vroeg stadium van een bouwproject al onderzoek gedaan moet worden naar trillingen en maatregelen, is gevraagd of een bouwkundig ontwerper op dat moment al overweg kan met aanwijzingen voor trillingsreducerende maatregelen. Dit betreft immers vrij technische informatie. Een ontwikkelaar zou aan de hand van de informatie in moeten kunnen zien wat de consequenties voor het ontwerp van het gebouw zijn op het eerste gezicht. Er wordt aangeraden om bij een constructeur en/of een adviseur op het gebied van trillingen advies in te winnen⁸⁹.

Uitwerken maatregelen en effectiviteit

De wijze van beoordeling van maatregelen hangt af van de benodigde reductie van de trillingen. Als deze klein is en al bewezen maatregelen ingezet worden die niet tot wijzigingen in de draagconstructie van het gebouw leiden, kan de effectiviteit beoordeeld worden op basis van ervaring en empirische formules. Als de benodigde reductie groot is of maatregelen tot ingrijpende veranderingen in de draagconstructie van het gebouw leiden, is het belangrijk om de effectiviteit van de maatregelen te toetsen met modelberekeningen zoals de EEM. Dit is tevens belangrijk als er gebouwd wordt met lichte gebouwconstructies, hoge gebouwen of gebouwen met dragende constructies zoals bruggen⁹⁰.

Ervaring gemeenten met ontwikkelplannen

In Utrecht en Helmond lopen op dit moment enkele bouwprojecten in verschillende fasen op korte afstanden van het spoor. Bij de gemeente Utrecht houdt men zich al enkele jaren bezig met spoortrillingen bij nieuwbouwprojecten. In bestemmingsplannen wordt een trillingsregel opgenomen waardoor er meet- en rekenonderzoek uitgevoerd moet worden door de ontwikkelaar. De resultaten worden beoordeeld aan de hand van streefwaarden uit de SBR Richtlijn B. Bij de gemeente Helmond is men zich aan het oriënteren op beleid.

In de gemeente Utrecht worden spoortrillingen al enkele jaren meegenomen in bestemmingsplannen langs het spoor door belangstelling vanuit de politiek. De gemeenteraad is zich bewust van het groot aantal bouwplannen langs het spoor en vindt een gezond woon- en leefklimaat bij woningen langs het spoor belangrijk. Ook de zienswijzen die ProRail de laatste jaren indient bij bouwprojecten hebben hier aan bijgedragen. De gemeente Helmond houdt zich bezig met spoortrillingen sinds de presentatie van de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen (2019). Tezamen met de gemeente Eindhoven, 's Hertogenbosch en Tilburg is zij bezig met het opdoen van kennis over spoortrillingen en oriënteren op beleid.

⁸⁸ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slides 9 en 12. & Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁸⁹ Reinoud Fennema, DGMR. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁹⁰ Reinoud Fennema, DGMR. 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen in gebouwen. Slide 17. & Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

In Utrecht en Helmond lopen op dit moment enkele bouwprojecten in verschillende fasen op korte afstanden van het spoor. Voor het beoordelen van trillingsonderzoek bij gemeenten wordt de SBR Richtlijn B en de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen gebruikt⁹¹.

Beoordeling trillingsproblematiek bij bouwprojecten

In de 'SBR Richtlijn B: Hinder voor personen in gebouwen' is een tabel opgenomen met de hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer aan de hand van de V_{max} (het maximale te verwachten trillingsniveau). Hierin wordt een kwalificatie gegeven voor de verschillende V_{max} niveaus en de mate van ervaring van hinder bij die niveaus. Tussen 0.2 en 0.8 is er sprake van matige hinder. Conform de streefwaarden in de richtlijn, is dit het gebied waar de gemeenten het liefst onder blijven bij nieuwbouw⁹².

In Utrecht worden deze waarden gebruikt om trillingsniveaus bij nieuwbouwprojecten te beoordelen. In Utrecht ligt de streefwaarde bij voorkeur onder de 0,2 voor nieuwbouw (nachtperiode). In het gebied tussen 0.2 en 0.4 moet de ontwikkelaar onderzoek doen naar doelmatige te treffen maatregelen om uit te komen bij zo laag mogelijke trillingsniveaus. Daarnaast mag de V_{per} niet hoger zijn dan 0.05. In het bestemmingsplan wordt in Utrecht een regel opgenomen met betrekking tot spoortrillingen. Bij iedere aanvraag voor de wijziging van een bestemmingsplan moet zowel meet- als rekenonderzoek verricht worden⁹³.

Voorbeelden

Tijdens de presentatie zijn een aantal geanonimiseerde voorbeelden genoemd van resultaten van trillingsonderzoeken bij bouwprojecten langs het spoor in Utrecht en Helmond. Bij Utrecht kwamen bij op één na alle onderzoeken alle V_{max} waarden boven de 0.4 uit. Bij het rekenen met trillingsreducerende maatregelen kwam de helft uit in het gebied van 0.2 of lager. Bij de andere bouwprojecten bleef de waarde in het gebied tussen de 0.2 en 0.4. In één geval was er sprake van een type gebouwtwerp dat vanaf het begin geen rekening had gehouden met trillingen waardoor het project in het gebied 0.4 en hoger bleef. Ook in Helmond zaten alle voorbeelden in het gebied boven de 0.4. Bij het rekenen met trillingsreducerende maatregelen zat de helft nog in het gebied tussen de 0.2 en 0.4, bij één project waren de resultaten onduidelijk en één bleef in het gebied 0.4 of hoger.

Onderzoek bij bouwprojecten langs het spoor in Utrecht

Trillingsonderzoek bij nieuwbouwprojecten in Utrecht bestaat uit meet- en rekenonderzoek. De eerste stap in het onderzoek is een meetonderzoek in het maaiveld. Voor een bepaalde periode, in sommige gevallen een week lang, wordt er gemeten in het maaiveld en worden er opnames gemaakt. De metingen worden gekoppeld aan de opnames van de camera. Er wordt loodrecht op, parallel aan en verticaal op het spoor gemeten.

De tweede stap is een rekenonderzoek met een bouwplan. Wanneer er geen bouwaanvraag gekoppeld is aan het bestemmingsplan (niet gecoördineerd bestemmingsplan), moet voor het rekenonderzoek het meest waarschijnlijke bouwtwerp aangeleverd worden. De metingen uit de eerste stap worden omgerekend naar de locatie van het gebouw en binnen het gebouw naar de verschillende verdiepingen aan de hand van het (fictieve) bouwplan. Hiervoor is onder andere de EEM methode geschikt. In deze methode wordt de werkelijkheid van het gebouw zo goed mogelijk benaderd en de bodemopbouw meegenomen. Modelmatig wordt er berekend wat er op de verschillende verdiepingen in het gebouw voor trillingsniveaus verwacht kunnen worden. Een zorg bij veel partijen is dat de resultaten (verwachte trillingsniveaus) van de onderzoeken kunnen variëren afhankelijk van de gehanteerde rekenmethode. Ook het budget heeft invloed op wat voor onderzoeken er uitgevoerd worden.

⁹¹ Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond). 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen: Nieuwbouw Helmond en Utrecht. Slides 2-7.

⁹² Zie ook: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen. 11.5.1 Beoordelingssystematiek. Pagina 56- 57.

⁹³ Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond). 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen: Nieuwbouw Helmond en Utrecht. Slides 8, 13 en 14. & Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

Aan de hand van de resultaten van de onderzoeken kan vervolgens beoordeeld worden of er maatregelen nodig zijn en indien nodig welke maatregelen passend zouden zijn. Met het fictieve bouwplan moet aangetoond worden dat het mogelijk is om voldoende maatregelen te treffen die technisch haalbaar en betaalbaar zijn. Als de resultaten onder de streefwaarde blijven volgt een akkoord voor het vervoltraject en het bestemmingsplan. Inspecteurs controleren tenslotte de toepassing van maatregelen in nieuwbouwprojecten op locatie. Om die reden moeten de maatregelen overzichtelijk worden vastgelegd in een document dat gekoppeld wordt aan de bouwaanvraag.

Vanaf het begin van het ontwerp van een gebouw moet er dus al nagedacht worden over spoortrillingen, bijvoorbeeld in het gebruik van materialen. Omdat een fictief bouwplan ingediend moet worden, is er al in een vroeg stadium een ontwerp van het gebouw nodig. Vaak hebben projectontwikkelaars in die fase al een idee van de globale omvang van het gebouw, de locatie, de functie en het type gebouw. Echter ontstaat er wel een risico voor de projectontwikkelaar als het plan later sterk afwijkt. Als er bij de bouwaanvraag vervolgens een ander bouwplan wordt ingediend, moet aangetoond worden dat er voldaan kan worden aan de trillingsregels in het bestemmingsplan⁹⁴.

Advies en knelpunten voor gemeenten

Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond) hebben voor gemeenten enkele adviezen en knelpunten met betrekking tot nieuwbouwprojecten aan het spoor opgenomen in hun presentatie. De knelpunten capaciteit en deskundigheid bij gemeenten, omgaan met reken-nauwkeurigheid en het ontbreken van een afwegingskader zijn tijdens de bijeenkomst verder besproken.

Advies

In de gemeente Utrecht is men al een aantal jaar bezig met spoortrillingen. Op basis van zijn ervaring heeft Bert Noppers een aantal adviezen voor gemeenten in Nederland opgesteld⁹⁵:

1. In eerste stadium project: heb aandacht voor spoortrillingen
2. Praktische uitvoering: voer vroegtijdig trillingsmetingen uit
3. Eerste advies: kies een trillingsongevoelig woningtype
4. Tweede advies: reken tijdig ontwerpen door op (spoor)trillingen
5. Bestemmingsplan: neem duidelijke en onderbouwde trillingsregels op

Knelpunten

In hun toelichting op ervaringen met ontwikkelplannen langs het spoor in Utrecht en Helmond hebben Bert Noppers en Karin Aquina een aantal knelpunten onder elkaar gezet die zij waarnemen of voorspellen⁹⁶:

- Gebrek aan expertise bij gemeenten
- Verschil in interpretatie SBR-B tussen adviseurs
- Omgaan met reken-onnauwkeurigheid
- Keuze van ontwikkelaar voor trillingsgevoelig gebouwontwerp
- Ontbreken van afwegingskader 'doelmatig/kosteneffectief'
- Onzekerheid over toekomstige spoortrillingen
- Kleine bouwplannen of bestaand gebouw

Een aantal van deze knelpunten zijn verder besproken tijdens de bijeenkomst:

⁹⁴ Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond). 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen: Nieuwbouw Helmond en Utrecht. Slides 9- 14. & Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁹⁵ Idem: slide 18.

⁹⁶ Idem: slide 20.

Capaciteit en deskundigheid bij gemeenten

De beschikbare capaciteit bij gemeenten om bouwaanvragen te toetsen en deskundigheid op het gebied van trillingen wordt voorzien als een knelpunt in de toekomst. Momenteel is er, bijvoorbeeld bij de gemeente Utrecht, nog voldoende capaciteit om bouwaanvragen te toetsen met betrekking tot trillingsniveaus. Echter zal er de komende jaren bij een toename in projecten langs het spoor capaciteit bij moeten komen of een deel van de toetsing moet buiten de gemeente komen te liggen⁹⁷. Daarnaast ontbreekt momenteel deskundigheid binnen gemeenten op het gebied van spoortrillingen. Er is geopperd dat er binnen gemeenten kennis voorhanden moet zijn als er harde eisen gesteld worden aan nieuwbouwprojecten, zoals een verplichte V_{\max} onder de 0.2. Rapporten van onderzoeken zijn zodanig technisch dat het lastig is voor gemeenteamttenaren om resultaten te duiden. Ook omgevingsdiensten hebben bijvoorbeeld nog geen ervaring met de EEM methode⁹⁸.

Omgaan met reken-nauwkeurigheid

De resultaten van een trillingsonderzoek kunnen variëren, afhankelijk van de rekenmethode die gehanteerd is. Daarnaast wordt er matige hinder verwacht bij V_{\max} waarden tussen de 0.2 en 0.8. Hoe verhoudt zich dit tot het stellen van harde eisen bij nieuwbouwprojecten? Wat is binnen die marge nog aanvaardbaar voor de leefkwaliteit?

In bijlage V van de SBR Richtlijn B is de tabel voor de hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer op basis van de V_{\max} opgenomen. Deze tabel is aan de meest recente versie van de richtlijn toegevoegd naar aanleiding van de vraag naar duiding van de waarden. Er zit een factor 4 tussen hinderklassen, gebaseerd op onderzoek in Noorwegen naar hinderbeleving bij trillingen. Langzamerhand ontstaat er meer gevoel voor de relatie tussen trillingsniveau en hinderbeleving. Ook het RIVM voert momenteel een herhaalonderzoek uit naar hinderbeleving bij mensen die langs het spoor wonen⁹⁹.

Daarnaast is de vraag gerezen bij trillingexperts of de combinatie van V_{\max} en gemiddelde trillingssterkte de juiste manier is om hinder te beschrijven? Moet een algemeen jaargemiddelde gehanteerd worden zoals bij geluid? Alleen gebruik maken van de V_{\max} is onwaarschijnlijk in verband met reken- en meettechnische kanttekeningen. Het is immers niet mogelijk om te weten wanneer het maximum bepaald is. Een vorm van gemiddelde is meer gebruikelijk. Daarnaast moet een normenstelsel met betrekking tot hinderbeleving ontwikkeld worden. De SBR richtlijn heeft nog enkel de status van richtlijn. Wel is er al jurisprudentie¹⁰⁰.

Afwegingskader 'doelmatig/kosteneffectief'

Tussen gemeenten bestaan verschillen in hantering van grenzen voor de V_{\max} (voor hinderbeleving) bij nieuwbouwprojecten langs het spoor. De gemeente Utrecht heeft een marge ingebouwd voor projectontwikkelaars waarbij de V_{\max} hoger mag zijn dan 0.2, maar nog onder 0.4, na uitvoerig onderzoek naar doelmatige en kosteneffectieve maatregelen. In de praktijk ontstaan er regelmatig discussies over de doelmatigheid en kosteneffectiviteit van trillingsreducerende maatregelen. Een duidelijk afwegingskader of wettelijke regel hiervoor ontbreekt. Enkel ProRail hanteert een grensbedrag per woning bij tracébesluiten bij bestaande woningen. Dit is een belangrijk knelpunt voor gemeenten waar een oplossing voor gewenst is.

Projectontwikkelaars en (spoor)trillingsproblematiek

Bij de bijeenkomst waren twee projectontwikkelaars te gast die tijdens projecten aan het spoor te maken hebben gehad met trillingsproblematiek. Zij hebben ervaringen en aandachtspunten gedeeld.

⁹⁷ Bert Noppers, Gemeente Utrecht. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁹⁸ Karin Aquina, Gemeente Helmond. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

⁹⁹ Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

¹⁰⁰ Ibid.

Lastige materie

Voor ontwikkelaars brengen spoortrillingen veel onzekerheden met zich mee. Als er klachten komen moet de projectontwikkelaar in gesprek met de bewoner. Van vorige projecten hebben de ontwikkelaars geleerd om eerder onderzoek te doen naar trillingen bij projecten aan het spoor en trillingen al eerder mee te laten wegen in het ontwerp. Hier is nog geen eenduidig moment voor. Later in het proces kan het veel tijd kosten om onderzoek uit te laten voeren en het ontwerp aan te passen.

Afweging van maatregelen

Bij trillingsproblematiek moeten ontwikkelaars een afweging maken over trillingsreducerende maatregelen. Om verschillende redenen is dit gecompliceerd. Ten eerste omdat iedere maatregel invloed heeft op de effectiviteit van een andere maatregel. Ten tweede speelt de vraag van aansprakelijkheid. In hoeverre is een projectontwikkelaar aansprakelijk als toegepaste maatregelen na realisatie onvoldoende effectief blijken? Projectontwikkelaars hebben behoefte aan een juridisch geldende richtlijn.

Daarnaast speelt bij ontwikkelaars de vraag wat er gebeurt als omstandigheden verslechteren in de toekomst door bijvoorbeeld de staat van onderhoud van treinen of het spoor of wijzigingen in rijsnelheden. Ontwikkelaars maken een afweging over maatregelen op basis van de berekeningen bij onderzoeken die gebaseerd zijn op de factoren op dat moment. Tijdens de bijeenkomst werd gesproken over bijvoorbeeld het inbouwen van een marge door gemeenten om rekening te houden met veranderende factoren in de toekomst. Dit zou een strengere norm betekenen. Tegelijkertijd werd aangegeven dat de normen voor bouwen langs het spoor en de trillingseisen al behoorlijk streng zijn.

Risico en kosten

Tevens is gesproken over het dragen van risico's. Bij wie komen die te liggen: de ontwikkelaar of de gemeente? Afhankelijk van de situatie is de ontwikkelaar of de gemeente verantwoordelijk voor het uitvoeren van de eerste trillingsonderzoeken. Als de grond al is aangekocht is het de verantwoordelijkheid van de ontwikkelaar. De ontwikkelaar moet immers invloeden in de omgeving onderzoeken. Als de grond van de gemeente is kan de gemeente het initiatief nemen. Een ontwikkelaar kan dan de resultaten van de eerste meetonderzoeken gebruiken om een adviesbureau gedetailleerd onderzoek uit te laten voeren. De resultaten van eerste meetonderzoeken worden bij een tender tevens bekend gemaakt¹⁰¹. Een landelijk trillingsregister voor het spoor zou in de toekomst een belangrijke rol kunnen spelen bij het signaleren van trillingsproblematiek aan het spoor¹⁰².

Op dit moment wordt nog geen onderscheid gemaakt in prijs tussen kavels aan het spoor of kavels verder van het spoor af. Projectontwikkelaars hebben het idee geopperd voor een samenwerking tussen de gemeente en een projectontwikkelaar. Zowel de gemeente als de ontwikkelaar willen immers zo min mogelijk risico. Bij een minder gunstige locatie aan het spoor, waar spoortrillingen zich voordoen, zouden afspraken gemaakt kunnen worden over een lagere grondprijs. De gemeente zou daar voorwaarden aan kunnen verbinden, bijvoorbeeld met betrekking tot trillingsreducerende maatregelen, waar de ontwikkelaar zich aan moet houden.

Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen

In mei 2019 is de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Deze handreiking helpt gemeenten, projectinitiatiefnemers en andere

¹⁰¹ Karin Aquina, Gemeente Helmond. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

¹⁰² Carel Ostendorf, Cauberg Huygen. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

stakeholders om bij nieuwbouw langs spoor tijdig en concreet rekening te houden met trillingen van het spoor als gevolg van treinverkeer¹⁰³. De gemeente Utrecht en Helmond zijn positief over de handreiking.

Hoofdstuk 10: Trillingsonderzoek bij nieuwbouw geeft houvast aan gemeenteambtenaren. Tegelijkertijd zou hoofdstuk 5: Bestemmingsplan volgens hen nog uitgebreid kunnen worden¹⁰⁴. De aanwezige partijen hebben het idee dat de handreiking een brede toepassing kent. Vrijwel alle gemeenten lijken inmiddels op de hoogte te zijn van trillingsproblematiek rondom het spoor. Naast de handreiking lijken ook de ingediende zienswijzen van ProRail bij nieuwbouwprojecten aan het spoor daar aan bijgedragen te hebben¹⁰⁵.

Inzichten en conclusies

Tot slot zijn door verschillende deelnemers de onderstaande individuele inzichten, conclusies en resterende vragen naar voren gebracht tijdens de bijeenkomst:

Gemeenschappelijke opgave

- Het is een gedeelde verantwoordelijkheid. ProRail moet het spoor goed onderhouden, de treinen moeten goed onderhouden worden en de gebouwen moeten goed gezoneerd (gemeente) of gebouwd worden (ontwikkelaar) om hinder te voorkomen. Het is een zoektocht voor allen, maar als we met zijn allen een steentje bijdragen, wordt de hinder in de omgeving van het spoor ook minder.
- Bouwen langs het spoor is een gemeenschappelijke opgave voor de gemeente en ontwikkelaar. Samenwerking is belangrijker dan alleen de relatie aanvrager – vergunningverlener.
- Het gesprek over dit onderwerp is de grootste winst die behaald is en leidt hopelijk op den duur tot betere wooncomfort voor de bewoners die naast het spoor wonen.

Trillingsonderzoek en maatregelen

- Trillingsoverdracht van de bodem naar de fundering is een grote onzekerheid bij trillingsrekenonderzoek.
- Er is geen format of voorschrift voor de inhoud van een trillingsrapport. De relevante invoer-info ontbreekt doorgaans.
- Trillingsreducerende maatregelen zijn nodig vanaf de bron tot en met de bouw van woningen.
- Als het gebouw er eenmaal staat, is het treffen van maatregelen bijna niet mogelijk en kostbaar.

Gemeente: Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen en beleid

- De handreiking heeft geleid tot veel meer discussie en aandacht voor trillingen bij gemeenten.
- De handreiking heeft de gemeenten erg geholpen.
- Ruimtelijke ontwikkeling in de buurt van het spoor lijkt van belang te zijn. Kan in het bestemmingsplan aangegeven worden binnen welk gebied trillingen te verwachten zijn? Net als het aandachtsgebied voor geluid?
- In bouwregels staat vaak een concrete grenswaarde genoemd waaraan trillingen moeten voldoen. We zien vaak dat langs een spoorlijn maar een fractie van de treinen verantwoordelijk is voor de hoogste trillingssterkten. Het aantal treinen dat de grenswaarde overschrijdt zou meer moeten worden meegewogen in de planbeoordeling.

¹⁰³ Zie ook: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 2019. Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen. Beoordelingssystematiek. Pagina 10.

¹⁰⁴ Bert Noppers (Gemeente Utrecht) en Karin Aquina (Gemeente Helmond). 11 juni 2020. Presentatie Spoortrillingen: Nieuwbouw Helmond en Utrecht. Slide 15.

¹⁰⁵ Reinoud Fennema, DGMR. Toelichting tijdens bijeenkomst 11 juni 2020.

Projectontwikkeling

- Ontwikkelaars zijn beducht voor klachten over spoortrillingen na realisatie.
- Ervaring met het vooraf informeren van kopers over de richtlijnen en de
- maatregelen die genomen zijn om trillingen te voorkomen toont dat kopers die als positief ervaren.

Complexiteit en verantwoordelijkheid

- Wat kan je als bewoner doen als er na alle maatregelen van ontwikkelaars en gemeenten toch overlast door trillingen is?
- Het probleem van trillingen is moeilijk oplosbaar. Het vraagt veel werk en is kostbaar. Daarnaast blijven de resultaten onzeker. Bij het spoor wordt geprobeerd problemen per bubbel op te lossen en niet in een totaalplan. Goederenvervoer per spoor veroorzaakt de belangrijkste trillingsproblemen.



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 7

Gezondheid en hinder

bijeenkomst: 3 september 2020

public
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

De zevende bijeenkomst van de Joint Fact Finding naar Spoortrillingen over het thema Gezondheid en Hinder vond plaats op 3 september jl. Het doel was om meer te leren over gezondheidseffecten van spoortrillingen en de hinderbeleving van omwonenden.

Sprekers

Tijdens de bijeenkomst heeft Irene van Kamp (RIVM) gepresenteerd over het RIVM-onderzoek 'Wonen langs het spoor' in 2013 en het herhaal- en vervolgonderzoek hierop in 2019 en 2021. Henk Derks en Eline van den Brink (Regionaal Overleg Noordelijke Aftakking, RONA) hebben een recente casus gedeeld van trillingshinder bij nieuwbouw en een ervaring gedeeld van een omwonende die hinder ondervindt.

Verslag

Tijdens de bijeenkomst hebben de deelnemers de sprekers vragen gesteld over onderwerpen binnen het thema gezondheid en hinder. In dit verslag zijn de opgedane inzichten uit de presentaties en de vragenronde weergegeven per subthema.

RIVM onderzoek Wonen langs het Spoor

Irene van Kamp, senior onderzoeker bij het RIVM op het gebied van duurzaamheid, milieu en gezondheid, presenteerde over het onderzoek Wonen langs het spoor (2013-2021) van het RIVM over de gezondheidseffecten van trillingen ten gevolge van treinverkeer. Naar aanleiding van Kamermoties in 2010 zijn de gezondheidseffecten van hinder door treinverkeer meer in beeld gekomen. De opdracht voor deze onderzoeken is verleend omdat het ministerie van I&W een besluit voorbereidt over eventuele richtlijnen voor trillingen door treinverkeer en een handhavinginstrumentarium voor geluid en trillingen langs het spoor. Het onderzoek dient ter onderbouwing hiervan¹⁰⁶.

Wonen langs het spoor (2013)

Doel en vraagstelling

Het doel van het eerste onderzoek in 2013 was om een landelijk beeld te geven hoe omwonenden langs het spoor reageren op trillingen en geluid veroorzaakt door reizigers- en goederentreinen, zowel overdag als in de nacht. Tevens diende het onderzoek als een nulmeting voor verder onderzoek en monitoring in de toekomst. Het onderzoek werd afgenomen in de vorm van een online vragenlijst met een schriftelijke optie¹⁰⁷.

Vraagstelling (2013):

1. Wat is de omvang van (i) ernstige hinder (ii) ernstige slaapverstoring (iii) ervaren gezondheid en (iv) medicijngebruik door trillingen van treinen in de Nederlandse bevolking van 16 jaar en ouder die binnen 300 meter van het spoor woont?
2. Welke blootstelling-effectrelaties kunnen worden afgeleid voor deze effecten?
3. Wat is de invloed van fysieke, contextuele en persoonlijke factoren op de genoemde effecten?
4. Hoe kunnen de bevindingen gebruikt worden in regelgeving?¹⁰⁸

¹⁰⁶ Irene van Kamp, RIVM. 3 september 2020. Presentatie Gezondheidseffecten van trillingen ten gevolge van treinverkeer: Onderzoek Wonen langs het spoor 2013-2021. Slide 2 en 3.

¹⁰⁷ Idem: slide 4 en 5.

¹⁰⁸ Idem: slide 6.

Respondenten

In 2013 waren er 821.719 adressen in de basisregistratie (BAG) met een woonfunctie binnen 300 meter van het spoor. 16.000 adressen hebben een uitnodigingsfolder ontvangen. De eerst-jarige op ieder adres werd uitgenodigd om mee te doen aan het onderzoek.

Deze adressen zijn gestratificeerd op:

- Bouwjaar: voor en na 1950. Dit was belangrijk omdat voor en na deze periode het vloertype verschilt in de woningen en dat een belangrijke invloed kan hebben op trillingen in huis.
- Afstand tot het spoor in drie groepen: 0-50 meter, 50-100 meter en 100-300 meter.
- Bodemtype in twee groepen: Veen of ander type bodem¹⁰⁹.

4927 personen hebben deelgenomen aan het onderzoek (respons van 32%). De deelnemers hadden een relatief hoge leeftijd (gemiddeld 52 jaar), waren relatief hoogopgeleid (56%) en veel hadden een koopwoning (69%). Er hebben relatief weinig mensen met een migratieachtergrond meegedaan aan het onderzoek (2%).

Daarnaast was er een gelijke man/vrouw verdeling en een redelijke ruimtelijke spreiding van respondenten in het land¹¹⁰.

Conclusies

Het onderzoek toonde aan dat 20% van de mensen vanaf 16 jaar die binnen 300 meter van het spoor wonen ernstig gehinderd zijn door trillingen van goederentreinen. Voor passagierstreinen was dit 3%. Dit is een vrij hoog aantal en vergelijkbaar met de geluidshinder die mensen ervaren door luchtverkeer in de omgeving van Schiphol. 16% geeft aan ernstig slaapverstoord te worden door goederentreinen. Dit is 4% voor passagierstreinen. Uit geluid-onderzoek weet het RIVM dat chronische ernstige hinder en slaapverstoring samenhangen met meer serieuze en langetermijn gezondheidseffecten.

Naast de blootstelling aan trillingen, kwam tevens angst voor schade aan de woning door trillingen -en voor toekomstige trillingsniveaus- naar voren als een belangrijk aspect dat invloed heeft op omwonenden. De angst voor schade is zodanig dat het de kwaliteit van leven en het welbevinden kan beïnvloeden. Daarbij is communicatie over spoortrillingen naar voren gekomen als een belangrijk punt voor verbetering (zie ook: Communicatie over trillingen op pagina 5).

Tenslotte was de samenhang tussen trillingen en effecten significant maar zwak. Mogelijk komt dit doordat niet de volledig juiste indicatoren gebruikt zijn of dat het model dat gebruikt werd om de blootstelling aan trillingen in te schatten ernaast zat¹¹¹.

Herhaalonderzoek (2019)

Doel en vraagstelling

Aanleiding voor het herhaalonderzoek was de kamerbrief van de Staatssecretaris in juli 2019 over de beleidsintensivering spoortrillingen. Het doel was om te onderzoeken hoe, nu 6 jaar later, mensen het wonen langs het spoor ervaren en hoe zich dat verhoudt tot de veranderingen die op en langs het spoor hebben plaatsgevonden en tot de blootstellings-schattingen toen en nu¹¹².

Respondenten

In het onderzoek van 2013 hebben 3410 deelnemers toestemming gegeven om voor een tweede onderzoek benaderd te worden. In 2019 hebben 1517 deelnemers het onderzoek ingevuld (respons

¹⁰⁹ Inmiddels is de categorisatie van de bodem aangepast en verfijnder voor het herhaalonderzoek in 2019.

¹¹⁰ Irene van Kamp, RIVM. 3 september 2020. Presentatie Gezondheidseffecten van trillingen ten gevolge van treinverkeer: Onderzoek Wonen langs het spoor 2013-2021. Slide 5, 7 en 8.

¹¹¹ Idem: slide 9 en 10. & Toelichting tijdens bijeenkomst 3 september 2020.

¹¹² Idem: slide 11.

44%). Omdat dezelfde deelnemers benaderd zijn, hadden zij dezelfde eigenschappen als in het onderzoek in 2013. De deelnemers waren nu alleen gemiddeld iets ouder. Nogmaals hadden meer hoogopgeleide deelnemers met een koopwoning meegedaan. De spreiding van respondenten in het land was vergelijkbaar¹¹³.

Conclusies

De resultaten van het onderzoek worden momenteel nog geanalyseerd. Uit de eerste analyse kwam naar voren dat het percentage omwonenden dat ernstige hinder en slaapverstoring ervaart iets gestegen is. Bij passagierstreinen is dit percentage meer dan verdubbeld en bij goederentreinen is het percentage gelijk gebleven ten aanzien van 2013. De frequentie van passagierstreinen en het type treinen zouden verklaringen kunnen zijn, echter moet daarvoor nader gekeken worden naar de trajecten waarbij omwonenden ernstige hinder rapporteren. Regionale verschillen zijn niet te onderscheiden omdat er in bepaalde regio's onvoldoende deelnemers zijn.

Belangrijke veranderingen in de periode van 6 jaar zijn dat deelnemers nu iets minder tevreden zijn met de woonomgeving (van 94,4% naar 92,9%) en dat de verwachte achteruitgang van de woonomgeving iets gestegen is (van 25,8% naar 32,4%). Dit heeft echter voornamelijk te maken met geluid van burens en wegverkeer. De verwachte achteruitgang door trillingen en geluid van treinen is in percentage afgenomen (respectievelijk van 49,8% naar 41,2% en van 49,0% naar 40,7%). Dit is nog niet verklaarbaar. Daarnaast is het aantal deelnemers dat zelf maatregelen heeft getroffen in eigen huis, bijvoorbeeld vloerverstijving, toegenomen. In het algemeen zijn zij tevreden over de maatregelen die zij hebben getroffen¹¹⁴.

Vervolgonderzoek Blootstelling-Effect relatie (2021)

In het vervolgonderzoek wil men de 'Blootstelling-Effect relatie (BE)' afleiden op basis van het nieuwe RIVM rekenmodel Spoortrillingen en vervolgonderzoek (nieuwe steekproef) over de percentages van omwonenden die (ernstige) hinder ervaren en slaapverstoring. Het doel is om beter zicht krijgen op de relatie tussen blootstelling aan trillingen en ervaren hinder. Dit zou regelgeving een basis geven.

Deze BE-relatie maakt het mogelijk om de impact van trillingen door goederen- en passagierstreinen apart in te schatten. Het onderzoek zal inzicht geven in BE-relaties voor trillingen van treinen voor verschillende trillingsindicatoren (V_{per} , V_{max} , RMS ¹¹⁵ en afstand) en hinder en slaapverstoring. Deze resultaten zullen vergeleken worden met resultaten uit eerdere onderzoeken, zoals bijvoorbeeld het Cargovibes onderzoek en onderzoek in Zweden.

De voorbereidingen van het onderzoek zijn in volle gang. Het onderzoek was voor 2020 gepland, maar wordt in verband met COVID-19 opgeschort omdat er nu geen sprake is van een representatieve situatie op het spoor. Het onderzoek is vooralsnog voorzien in 2021¹¹⁶.

Inzichten onderzoek

3

Tijdens de bijeenkomst zijn enkele inzichten uit de Wonen langs het spoor onderzoeken verder uitgediept.

Communicatie over trillingen

In het onderzoek uit 2013 kwam via de survey en verhalen van deelnemers naar voren dat er in het verleden veel fout is gegaan in de communicatie omtrent spoortrillingen.

¹¹³ Irene van Kamp, RIVM. 3 september 2020. Presentatie Gezondheidseffecten van trillingen ten gevolge van treinverkeer: Onderzoek Wonen langs het spoor 2013-2021. Slide 12 en 13.

¹¹⁴ Idem: slide 13 en 14. & Toelichting tijdens bijeenkomst 3 september 2020.

¹¹⁵ RMS is een combinatie van de V_{per} en V_{max} .

¹¹⁶ Idem: slide 11, 17 en 18. & Toelichting tijdens bijeenkomst 3 september 2020.

Mensen die klachten hadden voelden zich niet gehoord en hadden het gevoel dat niemand er over ging of voelden zich 'van het kastje naar de muur gestuurd'. Er was veel wantrouwen. Daarnaast ontbrak er communicatie over gezondheidseffecten door trillingen en over de technische aspecten (o.a. opwekking en overdracht van trillingen en schade), waardoor er veel misverstanden waren.

In het rapport (2015) van het onderzoek uit 2013 zijn expliciet punten over communicatie als aanbeveling opgenomen en besproken met ProRail en het Ministerie van I&W. In het onderzoek uit 2019 is hier nog niet naar gekeken, maar de verwachting is dat het weer een aandachtspunt zal zijn¹¹⁷.

Onderscheid hinder van geluid en trillingen

In het onderzoek is gekeken naar effecten van geluid en trillingen door treinen op gezondheid en slaapverstoring. De effecten van geluid en trillingen lopen parallel aan elkaar. Ze kunnen bij elkaar optellen maar beïnvloeden elkaar niet. Omwonenden klagen specifiek over geluid, trillingen of een combinatie daarvan.

Daarbij kan de invloed van trillingen niet direct vergeleken worden met de invloed van geluid. Geluid is makkelijk te traceren en daar kunnen mensen zich van distantiëren. Trillingen zijn een onzichtbare stressor omdat de bron minder makkelijk te traceren is. Bij trillingen horen, zien en voelen omwonenden het rammelen van voorwerpen in hun woning. Trillingen zijn te voelen in het hele lijf.

In studies in Zweden is aangetoond dat trillingen tot fysiologische veranderingen leiden tijdens de slaap. Bijvoorbeeld dat mensen zich omdraaien en dat de bloeddruk toeneemt. Deze effecten worden als verstrend beschouwd. Ontwaakreacties tijdens de slaap komen pas bij hele hoge trillingsniveaus voor¹¹⁸.

Kennis over gezondheidseffecten

(Inter)nationaal is er in toenemende mate aandacht voor hinder door geluid en trillingen door treinen. Het wordt steeds duidelijker dat railverkeer niet als minder hinderlijk wordt ervaren dan bijvoorbeeld weg- en vliegverkeer. Over trillingen ontbreekt nog veel kennis en informatie. Het is de verwachting dat er meer onderzoek komt naar trillingen.

Voor onderzoek naar trillingen worden op dit moment door het RIVM nog dezelfde gezondheidseffecten meegenomen als voor geluid. Inmiddels is wel duidelijk dat mensen trillingen op een andere manier ervaren dan geluid. Mogelijk zou er aandacht besteed moeten worden aan andere typen gezondheidsklachten. Op dit moment is daar nog niet veel onderzoek naar gedaan. Ziekmelding en arbeidsongeschiktheid zijn in de onderzoeken in 2013 en 2019 niet meegenomen. In de meting van 2021 zou het overwogen kunnen worden om dat mee te nemen. Voor beide effecten geldt dat het lastig is om aan te tonen omdat meer factoren hierop invloed kunnen hebben¹¹⁹.

Ervaring omwonenden met hinder

Henk Derks en Eline van den Brink (RONA) hebben een recente casus gedeeld waar sprake is van trillingshinder bij nieuwbouw en een ervaring gedeeld van een omwonende die ernstige hinder ervaart van spoortrillingen. Deze twee voorbeelden illustreren ervaringen met hinder door spoortrillingen vanuit het perspectief van bewoners.

¹¹⁷ Irene van Kamp, RIVM. Toelichting tijdens bijeenkomst 3 september 2020.

¹¹⁸ Ibid.

¹¹⁹ Ibid.

Casus nieuwbouw te Babberich

Bewoners van vijf in 2020 opgeleverde nieuwbouwwoningen op 300 meter van de Betuweroute in Babberich (gemeente Zevenaar), ondervinden hinder van trillingen¹²⁰. De woningen trillen wanneer er treinen langskomen.

De casus illustreert hoe het voor bewoners onduidelijk is bij wie ze terecht kunnen met klachten. Zij hebben contact gezocht met de gemeente, die hen verzocht contact op te nemen met de provincie, die hen verzocht contact op te nemen met de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. De ILT gaf aan dat, omdat de woningen in de invloedssfeer van het spoor liggen, de gemeente onderzocht moet hebben of trillingen aanwezig zijn in de bodem. De ontwikkelaar gaf uiteindelijk aan dat er bodemonderzoek had plaatsgevonden in de vorm van sonderingen en dat er geen fouten in de constructie zitten¹²¹. Nog beantwoordt het voor bewoners niet hoe zij dan last kunnen hebben van trillingen.

De Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen, die door gemeenten gebruikt kan worden voor nieuwbouw aan het spoor, is in mei 2019 uitgekomen. Waarschijnlijk waren de vergunningen en het plan voor de woningen toen al gereed. ProRail dient sinds 2017 zienswijzen in tegen bouwplannen dichtbij het spoor. Het is onduidelijk of dit hier gebeurd is.

Toelichting ervaring omwonende

Eline van den Brink las een brief voor van een omwonende die zich jarenlang bezig heeft gehouden met hinder en schade door spoortrillingen in zijn woning. In deze brief legt hij uit hoe hij de hinder door trillingen en schade aan zijn woning heeft ervaren. Een citaat;

'De ernst van de klachten dwongen mij om verdere acties te ondernemen, zo waren er de scheuren in de muren maar ook de trillingen op de boven etage, die zo ernstig waren dat er geen logee meer wilde slapen, een ernstige sociale schade dus, maar ook frequente schade aan PC's en een pick-up die uit de groef sprong (hobby digitaliseren van oude LP's). Onze slaap werd s' nachts, op de begane grond, frequent onderbroken door schuddende bedden en beangstigend krakende muren.'

De bewoner heeft veelvuldig contact gehad met alle betrokken partijen. In de brief uit hij zijn frustratie dat er nooit erkenning is gekomen voor de trillingen en schade aan zijn woning en licht hij zijn wantrouwen over het schadeprotocol van ProRail toe.

'Ik heb een uitgebreide correspondentie opgezet met I&M, ProRail, TNO en Kamer commissies, met onderbouwing van een aantal bevindingen na bestudering van de schade protocollen, verrijkt met trillingsmetingen alhier, gedurende enkele jaren uitgevoerd door een erkend specialistisch bedrijf, zodat datum, tijd en trillingen vast lagen. Deze trillingen zijn besproken met ProRail, hun trillingsdeskundige en hun jurist. Dat de trillingsmetingen de verwachtingen van TNO en I&M weerlegden maakte geen indruk.'

'In de veelvuldige correspondentie, zoals in kort boven genoemd, viel vooral op dat zodra de kern van het probleem genoemd werd, zijnde wetenschappelijke onzin en een voor de burgers een onnavolgbaar schade protocol, er geen reactie meer kwam, ook niet van Kamer Cie's, die wel om data aanpassing van het protocol vroegen, en wat ook werd toegezegd door ministerie. En tot op heden niet duidelijk is. De kern van de zaak moet dus ontweken worden, bovendien blijkt het schade protocol zo opgezet te zijn, dat er nooit een schade vergoed lijkt te kunnen worden.'

¹²⁰ In Google Earth is de afstand 193 meter. Henk Derks, RONA. Presentatie 3 september 2020.

¹²¹ Henk Derks, RONA. Presentatie 3 september 2020. Gebaseerd op: Mulder, K. (2020). Bewoners nieuwbouwwijk klagen over trillingen door Betuweroute: 'Het hele bed schudt'. In Algemeen Dagblad op 25 juli 2020.

Inzichten en conclusies

Tot slot zijn door verschillende deelnemers de onderstaande individuele inzichten, conclusies en resterende vragen naar voren gebracht tijdens de bijeenkomst:

Onderzoek naar gezondheidseffecten

- Het is goed dat er onderzoek plaatsvindt, maar voor bewoners duurt het te lang. De resultaten zijn niet op korte termijn, maanden tot een jaar, beschikbaar en ondertussen neemt de overlast en de gezondheidsklachten toe.
- Een goede dosis (blootstelling) effect relatie is belangrijk voor een goede voorspelling en duiding.
- Welke invloed (in %?) heeft het zelf verstevigen van de woningen (het treffen van maatregelen) op de uitkomsten van het onderzoek?

Communicatie

- Wanneer voelen omwonenden zich gehoord?
- Via onderzoek moeten we meer inzicht krijgen in het signaal dat respondenten geven over communicatie omtrent trillingen in het onderzoek van 2013 (en waarschijnlijk 2019).
- Mensen met klachten voelen zich niet of onvoldoende gehoord en hebben het gevoel dat niets met de melding gebeurt. Dat leent zich voor verbetering.
- Er is breed beschikbare informatie nodig over spoortrillingen: wat effecten wel of niet kunnen zijn en waar omwonenden wel of niet terecht kunnen. Dit voorkomt onnodig zoeken, teleurstelling en ergernis.
- Ook bij trillingshinder zijn er personen die meer of minder gevoelig voor trillingen zijn. Bij de verkoop van woningen bij het spoor is goede voorlichting noodzakelijk.
- Bewoners kunnen alleen bij ProRail klachten melden. Ook de gemeente verwijst naar ProRail. Het probleem dat zij ervaren is dat de klachten daarmee niet worden verholpen.

Opwekking en overdracht trillingen

- Er is nog redelijk veel onduidelijk over trillingen. Het voorbeeld van Babberich laat dat zien. De hele keten is belangrijk: bron-overdracht bodem – overdracht woning.

JFF Spoortrillingen Bijeenkomst 9

**Innovatieagenda Bronaanpak
Spoortrillingen en Wielonderhoud**

Bijeenkomst: 26 november 2020

public
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

Deze bijeenkomst van de Joint Fact Finding naar Spoortrillingen ging over de innovatie en het onderhoud van het materieel en de infrastructuur. Het doel was om informatie te delen over de Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen van ProRail en over het effect van wielonderhoud op spoorwegtrillingen.

Sprekers

Chiel Roovers van ProRail presenteerde de Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS). Vervolgens sprak Jasper Peen van adviesbureau Ricardo Rail over wielonderhoud en trillingen. Jasper is senior consultant met specialismes op het gebied van trillingen, geluid, voertuig/baan interactie en remsystemen.

Dit verslag

De gepresenteerde informatie van deze bijeenkomst is in dit verslag ondergebracht in twee hoofdonderwerpen met elk verschillende sub-onderwerpen, waar een gedeelte van de gestelde vragen ook in zijn verwerkt. Het leeuwendeel aan inhoudelijke vragen zijn opgenomen in het derde gedeelte van dit verslag.

- Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen
- Wielonderhoud en trillingen
- Inhoudelijke vragen
- Conclusie

1. Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen

Dit gedeelte werd gepresenteerd door Chiel Roovers van ProRail.

De innovatieagenda is bedoeld om betaalbare bronmaatregelen te identificeren die overlast door spoortrillingen verminderen¹²². De agenda wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W). De Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) bevat een mix van onderzoek en ontwikkeling voor fundamentele kennis, opdoen van praktijkervaringen en onderlinge kennisuitwisseling.

De innovatieagenda is gericht op bronmaatregelen, daar waar de treinwielen in aanraking komen met de rails. ProRail doet binnen de kaders van de onderzoeksagenda geen onderzoek naar hoe de trillingen hun weg vinden door de grond naar gebouwen. Deze transmissie is namelijk onderzocht door het RIVM in het kader van de ontwikkeling van het rekenmodel OURS. Ook is vanuit de praktijk inmiddels bekend hoe ondergrondse trillingswerende constructies werken (voorbeelden in Arnhem, Utrecht en Geldermalsen). ProRail en het RIVM werken samen om hun modellen op elkaar af te stemmen.

De Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) bestaat uit drie onderdelen:

1. Kennisontwikkeling
2. Praktijkproeven
3. Het delen van deze kennis

Elk van deze drie onderdelen wordt hieronder besproken.

Kennisontwikkeling

De kennisontwikkeling bij ProRail is gericht op met praktijkmetingen gevalideerde modellen¹²³. ProRail werkt hierin nauw samen met andere Europese partijen binnen het programma Shift2Rail, binnen het netwerk van de UIC en binnen Nederland met partijen als TU Delft, Deltares en TNO. De Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (IBS) is gekoppeld aan een aantal wetenschappelijke promotietrajecten bij de TU Delft. Het gaat mede daarom circa vier jaar duren voordat alle kennis beschikbaar is.

STEM (ProRail)

De kennisontwikkeling heeft als doel een Spoor Trillingen Emissie Model (STEM) te ontwikkelen dat gebruikt kan worden om in detail de effecten van interventies in het materieel en het spoor te onderzoeken. Met dit rekenmodel kan men dan in het ontwerpproces van infra-elementen (het spoor) en materieelcomponenten (het onderstel van de trein) berekenen hoeveel spoorwegtrillingen verwacht worden. Het STEM zal ook worden ingezet om de vermindering van trillingen te kunnen voorspellen bij maatregelen in een bepaalde setting.

Wat het rekenen lastig maakt is dat elke setting een andere trillingsemissie oplevert en dat deze draait om resonanties die bij bepaalde frequenties van trillingen in woningen kunnen optreden. Er zijn veel variabelen die hieraan bijdragen. Denk bijvoorbeeld aan: samenstelling van de bodem, het type fundament van het spoor, de materialen die gebruikt zijn voor het spoor, de materialen die gebruikt zijn in het onderstel van het rijdend materieel en de snelheid/gewicht van de trein.

OURS (RIVM)

Het STEM voedt het rekenmodel van het RIVM, het zogenoemde OURS model. Het OURS model berekent hoe trillingen worden overgebracht van het spoor naar objecten zoals woningen.

Praktijkproeven

Met de praktijkproeven wordt data verzameld om nieuwe technieken te testen en om het STEM te verifiëren¹²⁴. Op basis hiervan worden de effecten, neveneffecten en kosten bepaald om de haalbaarheid van bredere implementatie van potentiële bronmaatregelen te bepalen.

Bronmaatregelen worden op twee vlakken onderzocht:

1. De infra: het spoor en fundament
 - a. Mogelijke interventies:
 - i. Nieuwe technieken: onder sleeper pads, ballastmatten, Durflex, Shimlifts;
 - ii. Aangepaste infra-elementen: railpads, ES-lassen, dwarsliggers, type overwegen (bv STRAIL);
2. Het materieel: de wielen en het onderstel van de trein;
 - a. Mogelijke interventies: alternatieve draaistellen voor goederenwagens, toevoegen secundaire vering, verminderen onafgeveerde massa.

Niet alleen de innovatie in nieuw of aangepast materieel en spoor wordt onderzocht, maar ook innovatie van hoe het materieel en het spoor beter onderhouden kunnen worden.

Kennisdeling

Kennis over maatregelen wil ProRail graag zoveel mogelijk delen, zodat iedereen in de branche daarvan gebruik kan maken en de omgevingseffecten zo snel mogelijk verminderen¹²⁵. Hierdoor ontstaat binnen en buiten de spoorsector draagvlak voor de implementatie van kansrijke bronmaatregelen.

¹²³ Chiel Roovers, ProRail. 26 november 2020. Presentatie Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen. Slide 2. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹²⁴ Idem: slide 3. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹²⁵ Idem. Slide 4. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

2. Wielonderhoud en trillingen

Dit gedeelte werd gepresenteerd door Jasper Peen van adviesbureau Ricardo Rail.

Draaistellen

Onder de meeste treinwagons zitten twee draaistellen¹²⁶. Elk draaistel heeft meestal twee assen en dus vier wielen. Het verschil tussen goederentreinen en reizigerstreinen is dat de laatste meestal dubbel geveerd zijn. Goederentreinen gebruikten vroeger gietijzeren remblokken, die veel geluid produceren. Tegenwoordig worden de stillere composiet-blokken gebruikt. Reizigerstreinen gebruiken schijfremmen die minder snel slijten en ook minder geluid produceren. Schijfremmen en composiet remblokken zijn eigenlijk zo goed als stil.

Wielstijtage en wielonderhoud

Als een wiel versleten is, neemt de kans toe dat er onregelmatigheden in het wiel kunnen ontstaan deze meer trillingen kunnen veroorzaken in het contact met de baan¹²⁷. Deze trillingen zijn sterker bij minder goed afgeveerde draaisteltypes.

Hieronder staan de verschillende vormen van slijtage aan de wielen.

- Een vlakke plaats op het wiel door slippen tijdens het remmen;
- Een onrond (ei) wiel door onregelmatige slijtage;
- Polygonisatie (ribbelig worden) door gietijzeren remblokken;
- Profiel slijtage door normaal gebruik;
- Scheurtjes/ uitbrokkeling in het loopvlak door langdurige belasting.

Op de onderstaande video kan bekeken worden hoe wielonderhoud wordt uitgevoerd¹²⁸. Dit wordt voornamelijk gedaan door het wiel bij te slijpen en opnieuw rond te maken – dit heet het afdraaien van het wiel. De wielen moeten worden vervangen wanneer deze een bepaald aantal keer zijn bijgeslepen en daarom te klein zijn geworden.

<https://www.youtube.com/watch?v=BksRZf-U6Gc&t>

Frequentie van het onderhoud

Vroeger werd er visueel geïnspecteerd door medewerkers.¹²⁹ Tegenwoordig wordt onderhoud steeds vaker gestuurd door sensoren geplaatst op het spoor die wielslijtage signaleren (in Nederland op 45 plaatsen) en soms ook sensoren op treinstellen zelf, vooral bij personentreinen. Hierdoor kan preciezer worden bepaald wanneer onderhoud nodig is¹³⁰.

Reizigersmaterieel

Voor de meeste reizigerstreinen in Nederland is het onderhoud rechtlijnig¹³¹:

- De vervoerder is vaak ook de eigenaar van het materieel en verantwoordelijk voor het onderhoud;
- Slechts één vervoerder rijdt met het materieel;
- Met nationale inzet.

Daardoor

- Is er maar één partij betrokken bij het onderhoud;
- De vervoerder richt zelf de eigen onderhoudssystematiek in;
- Meer gebruik van moderne monitoringstechnieken.

¹²⁶ Jasper Peen, Ricardo Rail. 26 november 2020. Presentatie Wielonderhoud en trillingen. Slide 3. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹²⁷ Idem. Slide 4. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹²⁸ Idem. Slide 5. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹²⁹ Idem. Slide 6. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹³⁰ Idem. Slide 7. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

¹³¹ Idem. Slide 8. & Toelichting tijdens bijeenkomst 26 november 2020.

Goederentreinen

Daarentegen is dit lastiger voor goederenvervoer:

- De vervoerder, materieleigenaar en onderhoudsbedrijf zijn verschillende partijen;
- Meerdere vervoerders rijden met hetzelfde materieel;
- Met een internationale inzet en dus internationale regelgeving.

Daardoor

- Zijn er verschillende partijen betrokken bij het wielonderhoud;
- Onderhoudseisen en methodiek zijn op basis van internationale wetten en verdragen en kunnen verschillen;
- Minder gebruik van moderne monitoringstechnieken.

Het is voor Nederland alleen lastig om internationale regelgeving te harmoniseren naar betere standaarden voor monitoring en onderhoud. Dat moet in Europees verband gebeuren.

Vragen

Vraag: Wordt er ook gekeken naar het gebruik van tempex platen in de grond om trillingen tegen te gaan?

Antwoord van Chiel Roovers (ProRail): Tempex isolatie platen in de grond tegen de woningen aanbrengen is geen bronaapak, dus kijkt ProRail daar in dit programma niet naar. Voor zover Roovers bekend zijn de testresultaten van ProRail zelf met deze interventie teleurstellend. Een van de bewoners geeft aan dat zijn buurman er wel goede resultaten mee heeft bereikt, althans naar eigen zeggen. Het is niet gemeten.

Vraag: In hoeverre wordt er onderscheid gemaakt per traject bij de berekeningen van interventies? En voor verschillende snelheden?

Antwoord van Chiel Roovers (ProRail): Het onderzoeksprogramma IBS gaat niet over de aanpak op specifieke locaties, maar is gericht op kennisontwikkeling in het algemeen.

Vraag: Wordt er gekeken naar zowel bestaande als nieuwe routes? En wat als treinen is de toekomst sneller gaan rijden?

Antwoord van Chiel Roovers (ProRail): Het onderzoeksprogramma IBS gaat niet over de aanpak op specifieke locaties, maar is gericht op kennisontwikkeling in het algemeen.

Vraag: Door verschillende mensen zijn vragen gesteld over specifieke oplossingen voor trillingsemisies van treinen, zoals het gebruik van autobanden, kevlar, kunststof remblokken, e.d.

Antwoord van Jasper Peen (Ricardo Rail):

Autobanden: stalen wielen verdragen een grotere druk dan banden (zoals de Parijse metro). Op het Nederlandse spoor hebben we met veel gewicht te maken. Bij veel gewicht hebben banden een groter raakoppervlak, en daarom meer slijtage en weerstand tegen de aandrijving. Het is geen praktische oplossing.

Kevlar: hier wordt mee geëxperimenteerd, maar een praktisch probleem is de elektrische geleiding die geaard moet worden via de spoorstaven.

Schijfremmen: hier is nog weinig bekend over een eventueel positief effect op trillingen. Wel moet hiervoor veel verschillende onderdelen aan het draaistel van de wagons worden aangepast, dus dit is een oplossing met hoge kosten. De bestaande composietblokken kunnen zonder al te veel aanpassen de gietijzeren remblokken vervangen.

Vraag: Zwitserland stelt hogere eisen (aan geluid?) en weert treinen die daar niet aan voldoen. Zou Nederland dit ook kunnen doen?

Antwoord van Jasper Peen (Ricardo Rail): Zwitserland en Duitsland weren inderdaad treinen met gietijzeren remblokken. Nederland kan hier niet gemakkelijk ook eisen aan stellen omdat het onderdeel is van de EU-regelgeving. Duitsland is ook onderdeel van de EU en hij is benieuwd wat hiervan de juridische consequenties zijn.



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 10

Pilot gedifferentieerd rijden

bijeenkomst: 4 februari 2021

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

Het doel van deze bijeenkomst is om te leren van een praktijkproef die onderdeel is van de innovatieagenda bronaanpak spoorwegtrillingen. Gekeken is naar de pilot gedifferentieerd rijden goederentreinen. Eerst is kort samengevat wat de conclusies zijn van dit onderzoek. Daarna zijn enkele van de aannames in de pilot besproken en is dieper ingegaan op de maatschappelijke kosten en baten.

Pilot gedifferentieerd rijden

In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft ProRail in 2020 de praktijkproef gedifferentieerd rijden uitgevoerd op het traject tussen Meteren en Boxtel¹³². Met deze proef wordt getest of het langzamer rijden van goederentreinen tussen 23:00-7:00 uur 's nachts en in de vroege ochtend verlichting kan brengen voor de trillings- en geluidshinder die omwonende ondervinden tussen deze tijden. Verder hebben verschillende partijen bijgedragen om de effecten van deze proef te analyseren.

Hier volgend de hoofdzakelijke bevindingen van het langzamer rijden (60 km/h of 40 km/h in plaats van de gangbare 95 km/h), zoals samengevat door Tjalma Railway Consulting¹³³. Ten eerste verminderen trillingen bij 29 van de 116 panden als goederentreinen 60 km/h rijden en 27 panden voor 40 km/h. Ten tweede geldt voor geluidsoverlast dat bij 60 km/h het aantal ernstig gehinderden afneemt met 16% en het aantal slaapverstoorden met 21%. Bij 40 km/h gaat het om 33% en 44% (uitgaande van 2030). Ten derde zijn de economische effecten op het goederenvervoer dat de vervoerskosten toenemen tot 6% als goederentreinen 60 km/h rijden en tot 16% bij 40 km/h. Dit veroorzaakt een modal shift naar de weg en het water. Ten vierde betekent het voor reizigerstreinen dat 15% niet kan rijden bij 60 km/h en 45% van de reizigerstreinen niet kan rijden bij 40 km/h. Ook worden de reistijden langer.

Op basis van deze bevindingen is de volgende kosten-batenanalyse (KBA) opgesteld. Wanneer goederentreinen 60 km/h rijden zijn de kosten 77 miljoen Euro en bij 40 km/h 244 miljoen Euro, terwijl de baten in beide situaties 1 miljoen Euro bedragen. Daarnaast is er momenteel geen juridische basis voor gedifferentieerd rijden¹³⁴. Daarvoor zal Europese en nationale wet- en regelgeving aangepast worden. Discriminatie tussen goederen- en reizigerstreinen is namelijk niet mogelijk: op basis van objectieve normen voor trillingen moeten alle treinen gelijk worden behandeld.

Wat leren we van deze pilot voor JFF?

Voorafgaand aan het gesprek over de pilot hebben we onszelf een aantal vragen gesteld:

- Welke uitkomsten vinden jullie verrassend?
- Welke uitkomsten bevestigen wat je al wist?
- Wat kunnen we ervan leren voor JFF?
- Welke vragen roept de pilot op?

¹³² Rijksoverheid (2020). Bijlagen bij de Kamerbrief over stand van zaken beleidsintensivering spoortrillingen. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/17/stand-van-zaken-beleidsintensivering-spoortrillingen>

¹³³ Tjalma Railway Consulting (2020). Rapport *Gedifferentieerd rijden goederentreinen*.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/11/17/managementsamenvatting-onderzoek-van-tjalma-consulting>

¹³⁴ LegalRail (2019). *Gedifferentieerd rijden, Juridische analyse*.

<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/11/17/gedifferentieerd-rijden-juridische-analyse-van-legal-rail>

Verrassende uitkomsten

Wat de groep opvalt is dat de externe effecten voor het milieu (stikstof, CO₂-emissies, geluid) heel groot kunnen zijn. Gedifferentieerd rijden lijkt ten koste te gaan van het milieu door verschuivingseffecten. Zover de kennis nu reikt is het vervoeren van goederen over het spoor de meest milieuvriendelijke manier. Wanneer treinen langzamer gaan rijden zal dit de prijs van goederenvervoer over het spoor verhogen, waardoor goederentransport zich naar verwachting naar de weg en het water zal verplaatsen. De bewoners zien dit als een pleidooi om de capaciteit van het net te vergroten door goederentreinen sneller te laten rijden. Daardoor vergroot de trillingsproblematiek en dat is een argument om nieuwe spoorlijnen aan te leggen zoals de Betuweroute, die niet door dorpskernen loopt.

Verschillen in aslasten niet waarneembaar

Voor sommigen is het resultaat uit de pilot opvallend dat de verschillende aslasten van de meettrein niet goed waarneembaar zijn in de metingen. Onbeladen wagons veroorzaken ook trillingen. Dat is eerder in onderzoek naar gedifferentieerd rijden ook al geconstateerd. Voor zover we nu weten speelt de vlakheid van het spoor, de demping en de rondheid van de wielen een belangrijke rol bij het veroorzaken van trillingen. De aslasten zijn misschien minder bepalend. We weten overigens nog niet welke van deze factoren doorslaggevend is voor bepaalde typen woningen.

Soms meer trillingen

Het onderzoeken van trillingen blijft een ingewikkeld vraagstuk, omdat het gaat over resonantie en opslinging. Zo kan het in sommige gevallen zijn dat een verminderde aslast of langzamer rijden leidt tot meer trillingen, omdat de combinatie van factoren in zo'n geval meer resonantie creëert met de materialen in een gebouw en kan een opslinging in het gebouw veroorzaken. Maar meestal is het zo dat een verminderde aslast en langzamer rijden leidt tot minder trillingsoverlast.

Bevestigende resultaten

De uitkomsten van het onderzoek zijn niet heel verrassend. Er is een paar jaar terug in 2017 al geconcludeerd dat gedifferentieerd rijden te weinig effect heeft en te duur is¹³⁵. In deze pilot is dat nog een keer bekeken. Deze keer ook met een testtrein. Het bevestigt echter wat we al weten.

Aannames in het onderzoek

Voor de conclusies zijn een aantal aannames gedaan. Tijdens de bijeenkomst was het niet de bedoeling om de pilot te bekritisieren maar om daar lessen uit te trekken. Om hier lessen uit te trekken is het belangrijk om de aannames van het onderzoek te kennen. Er kwamen er twee aan bod:

De metingen en uitspraken

De eerste aanname is dat trillingsoverlast bij gebouwen afneemt wanneer de trillingen in de grond afnemen. Deze relatie is echter gecompliceerd, omdat bepaalde bouwmaterialen in woningen meer resoneren bij bepaalde trillingsfrequenties dan anderen. In deze pilot zijn de trillingen in de grond rondom het spoor gemeten, terwijl de conclusies gaan over de trillingsoverlast bij gebouwen. In de pilot is het in ieder geval een praktische keuze geweest om trillingen in de bodem te meten in plaats van in individuele woningen. Daarmee is direct ook het rekenmodel van RIVM van meetgegevens voorzien. De effecten van langzamer rijden zijn op deze manier ook direct te meten.

De meettrein

De pilot maakt vooral gebruik van een meettrein en van daadwerkelijke reizigers- en goederentreinen. Deze meettrein heeft in dezelfde samenstelling met verschillende snelheden gereden. Op deze manier is getracht het effect van de snelheid te isoleren en te meten, omdat zo veel mogelijk van de andere variabelen gelijk bleven. De aanname is dat voor daadwerkelijke reizigers- en goederentreinen gelijkwaardige effecten zullen optreden. De reguliere treinen laten echter een wisselend beeld zien.

¹³⁵ DGMR (2017). Trillingshinder - Gedifferentieerd rijden (T.2016.0727.05.N010). In samenwerking met TNO, DPA-CH en Pro-Rail.

Wat leren we voor JFF?

In de pilot zijn een aantal onderwerpen uitgezocht die niet eerder zijn besproken in JFF, zoals een juridische analyse en de maatschappelijke kosten en baten van maatregelen zoals gedifferentieerd rijden. In de bijeenkomst zijn we ingegaan op de kosten en baten van gedifferentieerd rijden.

Maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)

Voor de conclusies van de pilot is een kosten-batenanalyse (KBA) gemaakt. Bij een KBA is het vrijwel onmogelijk om alle kosten en baten te betrekken. Vaak zijn bepaalde maatschappelijke kosten niet opgenomen, zoals schade aan het milieu of eventuele zorgkosten. In de analyse bij de praktijkproef gedifferentieerd rijden zijn bepaalde maatschappelijke kosten wel meegenomen en anderen niet. Mogelijke modal shift naar wegtransport en de kosten voor het milieu zijn bijvoorbeeld wel meegenomen. De gezondheidskosten van de bewoners die trillingsoverlast ondervinden is niet opgenomen in de kosten-batenanalyse.

Modal shift

Een modal shift is het verplaatsen naar andere modaliteiten van vervoer – denk hierbij aan het spoor, de weg en het water. Deze drie vervoersmiddelen houden elkaar in balans op basis van de vervoerskosten – denk hierbij ook aan reisduur. Sinds een aantal jaar mogen goederentreinen in Nederland harder rijden. Dit heeft het vervoer over het spoor efficiënter en goedkoper gemaakt. In de groep zijn geen onderzoeken bekend die aantonen dat dit een modal shift van de weg en het water naar het spoor heeft veroorzaakt. Als dit heeft plaatsgevonden dan zijn de baten voor een grote groep voorgegaan op de lasten voor een relatief kleine groep omwonenden. Als goederentreinen 's nachts langzamer gaan rijden kan het zijn dat een modal shift plaatsvindt. Een modal shift naar de weg is dan waarschijnlijker dan naar het water, omdat de capaciteit van vervoer over water langzamer aangepast kan worden. Een modal shift naar de weg zal filevorming veroorzaken en milieuvervuilende effecten hebben. Of deze modal shift plaats zal vinden is onzeker, terwijl er voor de KBA van dit onderzoek wel veel gewicht aan wordt gegeven.

Zorgkosten

Het RIVM is bezig met een belevingsonderzoek om tot de volgende normstelling te komen: hoeveel trillingen leiden tot hoeveel gezondheidsklachten. Deze blootstelling-effectrelatie is nog niet gereed en daarom zijn zorgkosten nog niet meegenomen in de KBA van dit onderzoek. Het onderzoek is uitgesteld met het oog op coronarestricties en begint in het najaar van 2021. Investerings in spoorwegvoorzieningen zijn vaak voor tientallen jaren. Dit betekent wellicht dat ook de gezondheidsrisico's voor de komende generaties mee moeten wegen.

Welke vragen roept de pilot op?

In het gesprek over de pilot -en dan met name de maatschappelijke effecten van trillingen- komen een aantal vragen naar boven die de moeite waard zijn om verder te onderzoeken. Het gesprek gaat dieper in op de gezondheidskosten van trillingen. In de onderzoeken wordt nu gerekend met gezondheidskosten van bijvoorbeeld slaapverstoring voor omwonenden vanaf 16 jaar. De vraag is wat de gezondheidskosten zijn onder de 16 jaar. Zoals we weten werkt RIVM nog aan het belevingsonderzoek en wordt nog steeds gezocht naar een dosis-effectrelatie om mee te rekenen. Hiermee blijft ook een berekening van de mogelijke baten van bewoners bij het doorvoeren van het gedifferentieerd rijden nog even uit.

Er ligt veel nadruk op de milieueffecten van langzamer rijden. Onderliggende aanname daarbij is dat het transport van goederen naar de weg en het water verschuift. De deelnemers vragen zich af of het omgekeerde ook waar is: Vind een verschuiving van weg en water naar het spoor plaats als het goederenvervoer over het spoor versnelt? De goederenvervoersector geeft aan dat het in ieder geval ook afhangt van de marktomstandigheden en bijvoorbeeld de situatie op de rivieren (laag water).



JFF Spoortrillingen

Bijeenkomst 11

Maatregelen bestaande bouw

bijeenkomst: 11 maart 2021

ublic
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

Het doel van deze bijeenkomst is om te leren over maatregelen om trillingsoverlast te verminderen aan bestaande bouw. Pieter Boon gaf een uitgebreide presentatie¹³⁶ van bestaande maatregelen en in welke situaties deze het beste werken, inclusief een flink aantal praktijkvoorbeelden. Pieter is adviseur bij infrastructuuradviesbureau We-Boost en onder andere specialist op het gebied van bouwmonitoring en trillingen.

De powerpoint slides van de presentatie van Pieter zijn leidend als samenvatting van de inhoud van de bijeenkomst. Dit verslag is een aanvulling daarop en bevat hetgeen dat besproken is maar niet in de presentatie is opgenomen. De presentatie staat achter in dit verslag.

Trillingsproblematiek en beleid

Als er een nieuw spoor wordt gebouwd in Nederland, dan wordt onderzocht of er trillingen in woningen kunnen ontstaan en kunnen eventueel bouwkundige maatregelen worden genomen om dat tegen te gaan (o.b.v. Tracébesluit). Er zijn echter twee scenario's¹³⁷ waarin de wet geen bescherming biedt aan omwonenden (zie slide 3). Ten eerste in het geval wanneer omwonenden hinder ervaren in de voorbereidingsfase van een project, maar als er geen planologische wijzigingen zijn. Ten tweede als het gaat om de exploitatiefase van het spoor – dat is bij bestaande spoorlijnen wanneer de ruimtelijke ordening van- of rondom het spoor niet wordt aangepast. Het veranderen van een dienstregeling of het introduceren van andersoortige treinstellen valt niet onder het aanpassen van de ruimtelijke ordening.

Nieuwe spoorwegtrajecten

Voor spoortrajecten die nieuw worden aangelegd is regelgeving vastgelegd in het Tracébesluit. Dit kan resulteren in maatregelen aan het spoor, tussen spoor/woningen of aan woningen (bouwkundige aanpassingen). Een aantal voorbeelden in de presentatie zijn gebaseerd op woningen die zijn aangepast met geld dat beschikbaar was bij de aanleg van de Betuweroute.

Grondsoorten, gebouwreacties en trillingsfrequenties

Niet elke aanpassing aan een woning is zinvol. Of een maatregel effectief is hangt samen met het type trilling, de constructie van de woning en het type bodem.

Grondsoorten in de afbeelding

De lijnen in de grond op slide 5 representeren de mogelijkheid dat verschillende grondsoorten op elkaar liggen¹³⁸. Een onderliggende laag grond kan harder zijn dan de bovenliggende laag en daarmee trillingen terug naar boven weerkaatsen. In een dergelijke gelaagde bodem kunnen trillingen tot op grote afstand van het spoor voelbaar zijn.

Trillingsenergie voorspellen

Trillingsenergie is lastig te voorspellen. In ieder geval geldt dat een maatregel die op de ene locatie de trillingen vermindert, dat op de andere locatie niet hoeft te doen (of de trillingen daar zelfs kan verergeren). Een lagere aslast of het langzamer rijden van treinen leidt daarom niet automatisch tot

¹³⁶ Pieter Boon, We-Boost. 11 maart 2021. Presentatie *Trillingen en bestaande bouw, Maatregelen aan woningen*.

¹³⁷ Idem. slide 3.

¹³⁸ Idem. slide 5.

minder trillingen. Dit heeft onder meer te maken met de resonantiefrequentie van de onderdelen van een gebouw (de trillingsfrequentie waarvoor een gebouw gevoelig is). Deze resonantiefrequentie is onder meer afhankelijk van de afmetingen en de materialen van het gebouw, in combinatie met de ondergrond. Trillingen zijn daarom zeer locatiespecifiek en het effect van maatregelen verschilt daarom ook van gebouw tot gebouw.

Gebouwreactie

Vijf mechanismes waardoor trillingen kunnen ontstaan¹³⁹:

- Buiging treedt doorgaans vooral op bij hogere gebouwen. Vuistregel: bij gebouwen van meer dan vijf verdiepingen. Hoe hoger je je in het gebouw bevindt, hoe meer je deze buiging ervaart als voelbare trilling.
- Rotatie vindt vooral plaats bij laagbouw van maximaal twee tot drie verdiepingen en is een rotatie zoals de wijzers van een klok roteren vanaf een zijaanzicht van de woning. Dit wordt later in de presentatie verder toegelicht.
- Invering is wanneer een gebouw omhoog en naar beneden (verticaal) veert op zijn plaats (of intern op zijn eigen constructie). Dit is vooral een probleem bij hoogbouw.
- Vloeren en wanden trillen.
- Verplaatsing treedt op wanneer het gebouw horizontaal verplaatst door de trillingen.

Grondsoort

Het verschilt per grondsoort welke trillingsfrequenties verder dragen. In de presentatie werd gefocust op drie grondsoorten¹⁴⁰ die in Nederland veel voorkomen: veen, klei en zand. De grafiek is opgebouwd met een x-as van trillingsfrequentie in hertz. 1 hertz staat voor 1 trilling per seconde. De x-as is een logaritmische schaal.

- Veen is de zachtste bodem van de drie. Door de slappe bodem ontstaan hier vooral laagfrequente trillingen (met name t.g.v. zware goederentreinen, die de bodem indrukken) De hogere trillingsfrequenties worden door de zachte bodem snel uitgedempt. Een veenbodem geeft vaak alleen op korte afstand van het spoor klachten.
- Klei is vaak iets stijver dan veen, en heeft daarom ook bij wat hogere trillingsfrequenties nog energie. Daarnaast dempen de trillingen minder snel uit dan bij een veenbodem.
- Zand is het hardst en geleidt vooral hoogfrequente trillingen. In een zandbodem zijn de laagfrequente trillingen van zware goederentreinen vaak wat lager (doordat de stijve bodem minder sterk wordt ingedrukt), terwijl de trillingen maar beperkt uitdempen met de afstand. Trillingen zijn daardoor op dit soort bodems vaak ook nog op grote afstand voelbaar.

Trillingsfrequenties en gebouwreacties

Bepaalde gebouwreacties komen hoofdzakelijk voor bij bepaalde trillingsfrequenties. Bij lage trillingsfrequenties vindt vooral verplaatsing en buiging van gebouwen plaats¹⁴¹. Rotatie treedt veelal op bij iets hogere frequenties, maar nog steeds laag in de frequentieschaal. Het trillen van vloeren/wanden en het inveren van een gebouw vinden plaats bij hogere trillingsfrequenties.

Goederentreinen geven meestal trillingen die beginnen op een lagere frequentie dan reizigerstreinen¹⁴². Goederentreinen en veen- en kleigrond is een combinatie die veel voelbare trillingen creëert en leidt tot relatief veel klachten op korte afstand van het spoor. Bij zandbodems komen ook klachten van reizigerstreinen voor – ook op grotere afstand van het spoor.

¹³⁹ Pieter Boon, We-Boost. 11 maart 2021. Presentatie *Trillingen en bestaande bouw, Maatregelen aan woningen*.

Slide 6.

¹⁴⁰ Idem. slide 7.

¹⁴¹ Ibid.

¹⁴² Ibid.

Maatregelen rond woningen

Slide 10-18 lichten elk van de mogelijke maatregelen toe¹⁴³. Hieronder is beschreven hoe de informatie op de sheets is opgebouwd.

Effect grondsoort

Links onderin staat voor welke grondsoort deze maatregel vooral effect heeft. Net zoals eerder in de presentatie: wit is nauwelijks/geen effect, lichtblauw is weinig effect en donkerblauw is matig effect.

Effect trillingen

In het midden onderaan wordt bij het soort trillingen (buiging, rotatie, inverting, vloeren, verplaatsing) een percentage aangegeven hoeveel de trillingen verminderen in situaties waar deze is uitgevoerd en gemeten. Dit percentage is altijd onderhevig aan de variabelen van de setting waarin de maatregel wordt uitgevoerd. Isolatie betekent hier dat de woning als geheel wordt geïsoleerd van de grond (en daarmee geïsoleerd van de trillingen) en hoeveel minder trillingen daardoor doordringen tot het gebouw.

Kosten

Rechts onderin staan de kosten per woning. Dit is ook inclusief alle bijkomende kosten zoals eventuele hotelkosten als de bewoners tijdelijk hun huis moeten verlaten om plaats te maken voor een verbouwing. De mogelijke kosten voor het uitvoeren van dezelfde ingreep lopen sterk uiteen. Dit wordt beïnvloed door vele variabelen zoals de grootte van de woning, het bouwjaar, of het ontwerp van de woning goed is gedocumenteerd, voor hoeveel woningen dit tegelijk wordt uitgevoerd, etc.

Case studies

Salland-Twentetunnel

Bij de aanpak rondom trillingen en laagfrequent geluid van reizigerstreinen bij de Salland-Twentetunnel is niet gemeten met trillingsapparatuur, maar is gekeken naar ervaringen van bewoners door middel van huisbezoeken en vragenlijsten¹⁴⁴.

Soms ondervinden bewoners ook emotionele lasten van een verbouwing. Denk hierbij aan alle keuzes die gemaakt moeten worden, het contact met aannemers en het tijdelijk uit huis moeten.

Betuweroute

Bij de Betuweroute kwam een deel van de trillingsoverlast door particulieren die zelf verbouwd hadden en dit niet stevig genoeg gedaan hadden¹⁴⁵.

Overzicht maatregelen

3

Slide 28 geeft een matrix weer van de bestaande maatregelen¹⁴⁶. Momenteel is het richtbedrag voor maatregelen zoals aanpassingen aan de woning bij de aanleg van nieuwe spoorwegprojecten €47.000 per woning (inclusief BTW en kosten van bijvoorbeeld ProRail). Dit wordt gezien als een doelmatige besteding van publieke middelen. Op basis van de ervaring die er nu is met deze maatregelen, lijkt dit bedrag in veel gevallen te klein om maatregelen te kunnen treffen, specifieke gevallen uitgezonderd (zoals oudere of slappere woningen).

¹⁴³ Pieter Boon, We-Boost. 11 maart 2021. Presentatie *Trillingen en bestaande bouw, Maatregelen aan woningen*. Slide 10-18.

¹⁴⁴ Idem. slide 19.

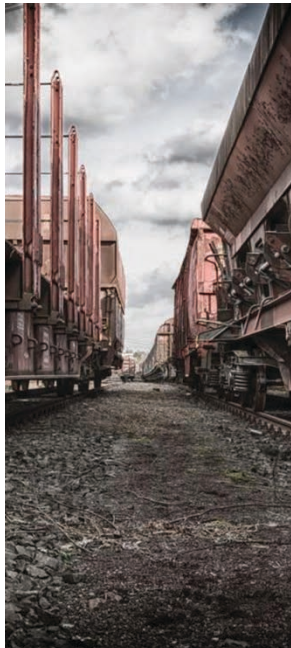
¹⁴⁵ Idem. slide 24.

¹⁴⁶ Idem. slide 28.

1.



2.



AGENDA

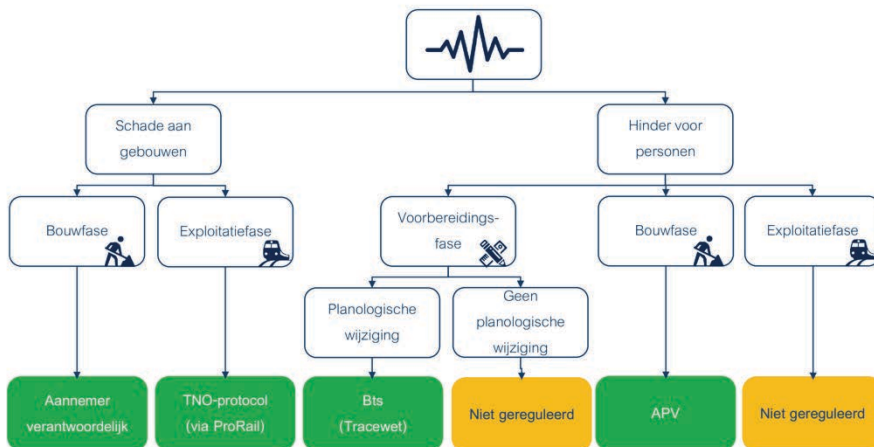
Inhoud van vandaag

- De problematiek geschetst
- Hoe ontstaan die trillingen?
- Maatregelen in of aan bestaande woningen
- Drie case studies
- Vragen en discussie

3.

PROBLEMATIEK BIJ BESTAANDE SITUATIES

Trillingen alleen gereguleerd bij planologische wijzigingen of schade



4.

PROBLEMATIEK BIJ BESTAANDE WONINGEN

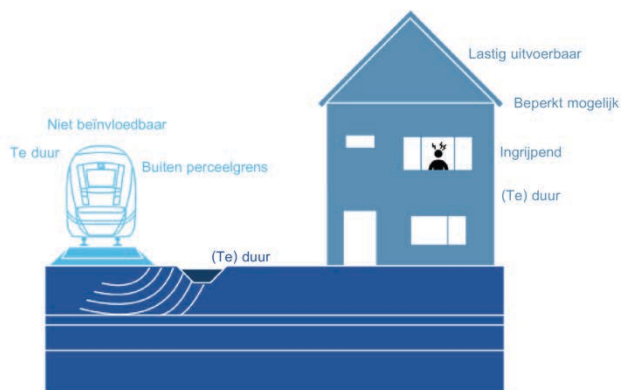
Hoe stel je objectief vast of er sprake is van trillingshinder?

- Onderzoek naar trillingen
 1. Metingen (evt. aangevuld met (model)berekeningen voor invloed van wijzigingen of vertaling naar omliggende objecten)
 2. Toetsing (SBR-richtlijn, Bts)
 - Trillingssterkte V_{max} (maximaal optredende trillingsniveau gedurende 1 week)
 - Gemiddelde trillingssterkte V_{per} (gemiddelde trillingsniveau gedurende dag, avond en nacht)
 3. Bij overschrijding streef- of grenswaarden: onderzoek naar maatregelen
- In bepaalde situaties ook laagfrequent geluid

5.

PROBLEMATIEK BIJ BESTAANDE WONINGEN

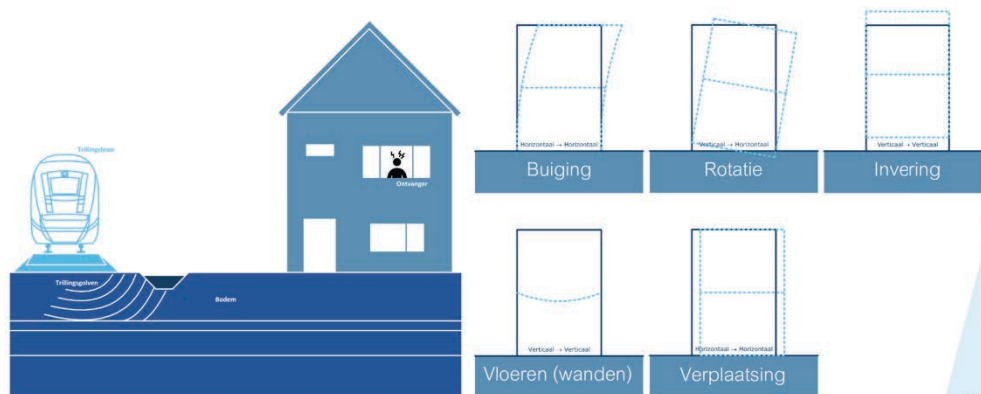
Bij bestaande woningen zijn trillingen lastiger te reduceren dan bij nieuwbouw



6.

HOE ONTSTAAN DIE TRILLINGEN?

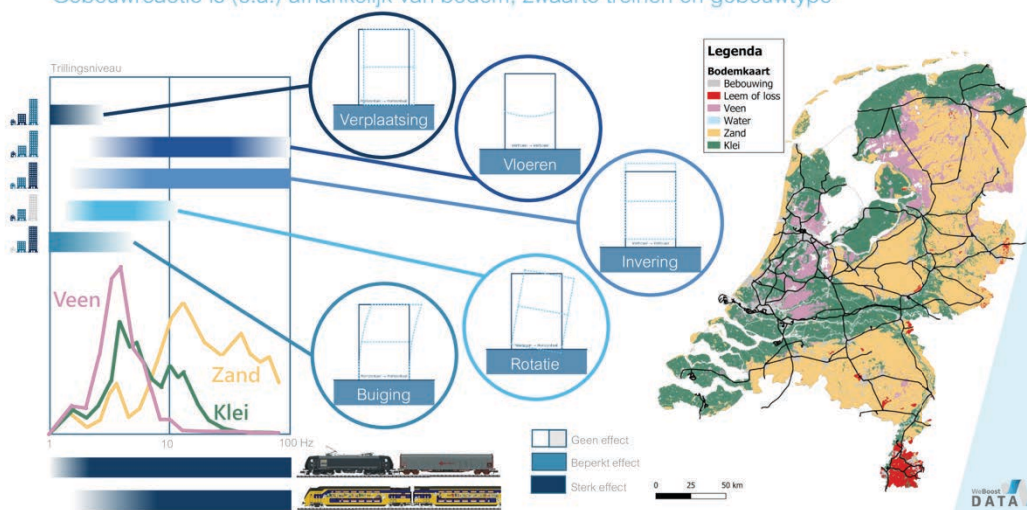
Vijf mechanismes waardoor trillingen kunnen ontstaan



7.

HOE ONTSTAAN DIE TRILLINGEN?

Gebouwreactie is (o.a.) afhankelijk van bodem, zwaarte treinen en gebouwtype

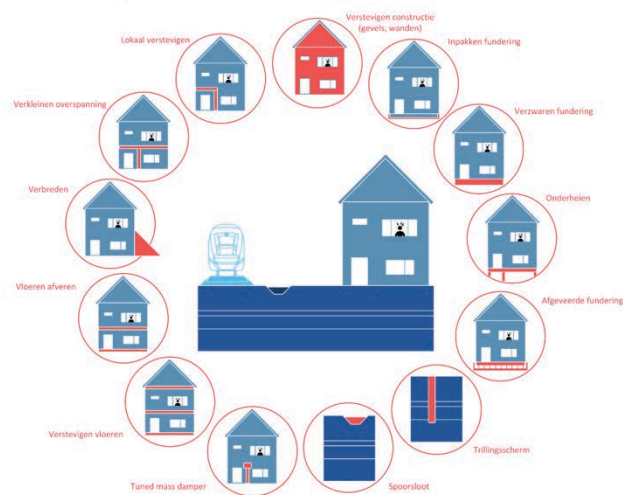


N.B. Leem- en lossgronden variëren sterk in eigenschappen. Trillingen zijn vaak vergelijkbaar met trillingen op zandbodem, soms richting kleibodem

8.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

Er kan veel, maar wel haken en ogen

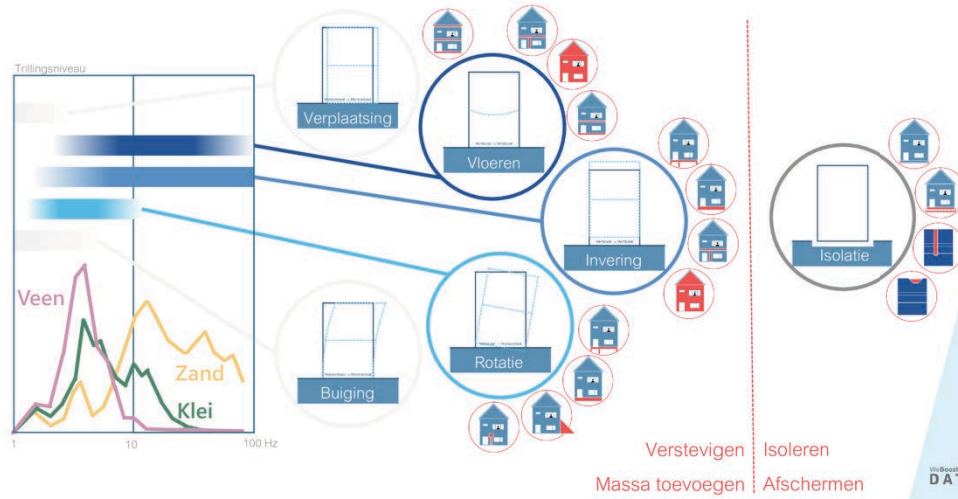


7

9.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

De belangrijkste trillingseffecten kun je verminderen door verstevigen of isoleren



10.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

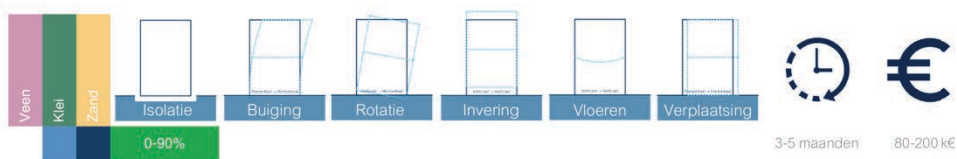
Afveren van de fundering



- Dubbele fundering met stalen veerdozen of rubberen blokken
- In de meeste situaties erg effectief
- Tot nu toe **alleen bij nieuwbouw toegepast**
- Aanbrengmethode: fundering uitgraven, ondersteunen, betonnen (plaat)fundering aanbrengen, veerdozen of blokken aanbrengen tussen nieuwe en oude fundering
- Aandachtspunten: **windstabiliteit, laagfrequente trillingen, demping**, risico's op schade bij aanbrengen



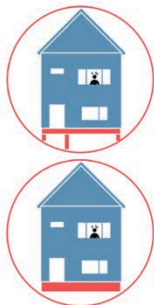
In Nederland alleen bij nieuwbouw toegepast, tegen laagfrequent geluid (Tivoli) ook in bestaande constructies



11.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

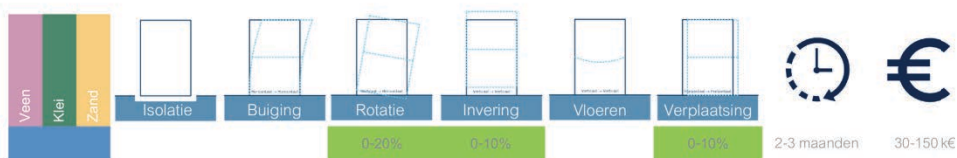
Onderheien en verzwaren fundering



- Bestaande woning onderheien met stalen buispalen, grout- of gelinjectie, of aanbrengen plaatfundering
- **Effect is beperkt**, m.n. bij oude funderingen (stroken) wel enig effect. Effect is groter met stalen buispalen of plaatfundering dan met grout- of gelinjectie
- Aanbrengmethode: begane grondvloer eruit, palen inheien, funderingskrachten overbrengen en betonvloer aanbrengen. Kan ook van buitenaf (Injectie, plaatfundering)
- Aandachtspunten: risico's op schade bij aanbrengen



Funderingsherstel, veelvuldig in Nederland toegepast, maar niet tegen trillingen



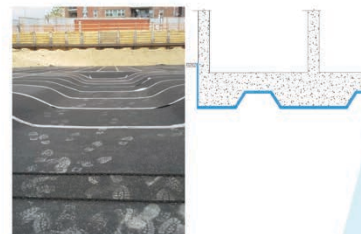
12.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

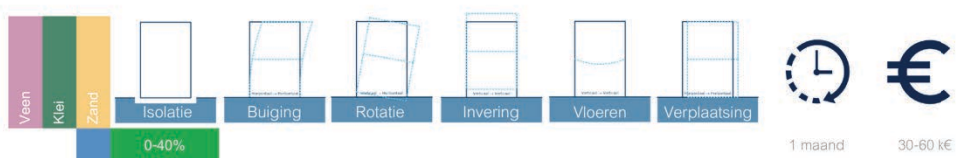
Inpakken van de fundering



- Fundering inpakken met EPS (piepschuim) of rubberen matten (bijv. CDM-RAFT)
- Vooral **effectief tegen hogerfrequente trillingen** (zandbodems, weg- en lightrailverkeer), bij EPS grote diktes nodig
- Aanbrengmethode: fundering uitgraven, inpakken, grond terug aanbrengen
- Aandachtspunten: kans op **toename trillingen bij lage frequenties** (eigenfrequentie), risico's op schade bij aanbrengen



Niet in Nederland toegepast



13.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

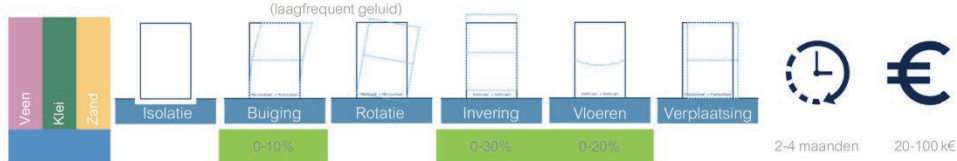
Verstevigen constructie



- Verstevigen constructie door
 - Extra gebouwschil (metselwerk/beton)
 - Verzwaren stalen liggers
 - Kortere overspanningen en steviger constructie door extra (dragende) wanden
- Effect m.n. bij **slappere gebouwen** (oud, houtskelet), of bij gebouwen die bouwkundig zijn aangepast (wanden verwijderd bijv.)
- Aanbrengmethode: constructie openmaken, verstevigen fundering, aanbrengen nieuwe elementen (binnen of buiten)
- Aandachtspunten: risico's op schade bij aanbrengen, kans op **toename hoogfrequente trillingen** door stijvere constructie (laagfrequent geluid)



Toegepast bij Betuweroute (diverse woningen)



14.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

Verbreden gebouw



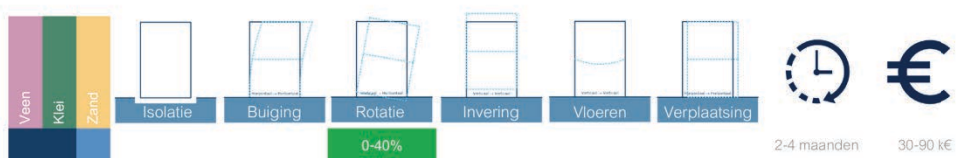
- Verbreden door realiseren aanbouw of vleugels/stabiliteitswanden
- Woning wordt breder, waardoor kantelfrequentie niet meer samenvalt met trillinggolven



- Aanbrengmethode: funderingsstrook aanbrengen, prefab betonnen wand plaatsen, verankeren, afwerken (steenstrips)
- Aandachtspunten: **aanhechting** aan bestaande bouw, verschil in fundering, **fundering moet genoeg samenwerken** (plaat- of stevige balkenfundering)



Toegepast bij Betuweroute



15.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

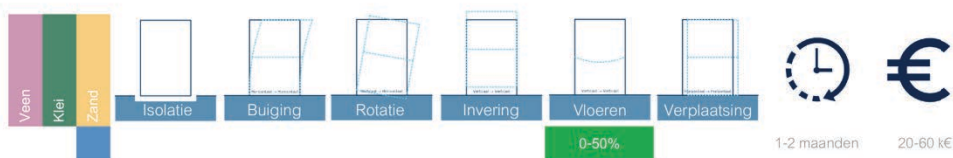
Vloeren afveren



- Aanbrengen van dubbele, afgeveerde vloer
 - Bij oplegging (zachte oplegblokken)
 - Gehele vloer afveren (dubbele vloer met veren)
- Vooral toepasbaar op betonvloeren, vooral **effectief tegen hoogfrequente trillingen en laagfrequent geluid**
- Aanbrengmethode oplegging: ondersteunen vloer, vrijhakken oplegging, aanbrengen oplegblokken
- Aanbrengmethode vloer: betonvloer vrijmaken, randen isoleren, aanbrengen regels met isolatie ertussen, aanbrengen houten platen, afwerken (evt. beton en vloerverwarming)
- Aandachtspunten: vloer komt hoger te liggen, gevoeliger voor lopen/springen



Toegepast in Nijverdal, veelvuldig gebruikt bij gymzalen



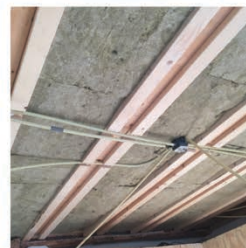
16.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

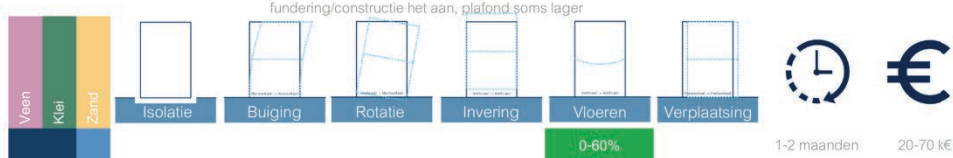
Vloeren verstevigen



- Verstevigen vloeren:
 - Vervangen houten begane grondvloer door bijv. PS-combinatievloer
 - Verstevigen houten balken (sandwichen of stalen hoeklijnen) en onderzijde afwerken met multiplex (creëren kokerlijgter)
- Effectief bij houten (slappe) vloeren**, m.n. trillingen goederentreinen
- Aanbrengmethode begane grondvloer: verwijderen bestaande vloer, aanbrengen nieuwe vloer
- Aanbrengen verdiepingsvloer: openmaken plafond, verwijderen leidingen, aanbrengen versteviging, aanbrengen regels, aanbrengen leidingen, afwerken met multiplex en gipsplaten
- Aandachtspunten: risico's op schade bij aanbrengen, kan fundering/constructie het aan, plafond soms lager



Toegepast bij Betuweroute, diverse woningen



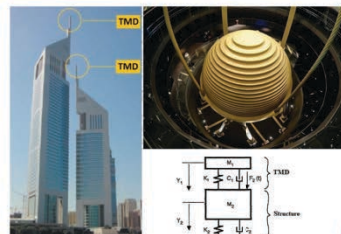
17.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

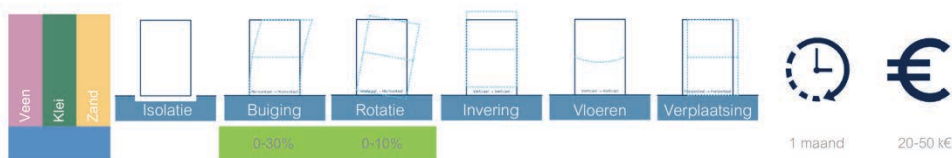
Tuned mass damper (TMD) aanbrengen



- Aanbrengen van onafhankelijke verende massa (tegenbeweging om trillingen te dempen)
- Vooral **effectief bij hoogbouw (specifieke eigenfrequentie)**, bij breed trillingsspectrum maar beperkt effectief
- Aanbrengmethode: ruimte wegbreken, aanbrengen zware, afgeveerde massa, dichtmaken en afwerken
- Aandachtspunten: alleen effectief tegen hele scherpe eigenfrequentie, anders nemen trillingen vrijwel altijd toe, kan constructie het aan (gewicht ca. 10% van woninggewicht, dus 20 tot 40 ton)?



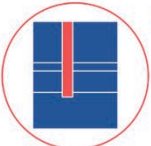
Toepassing m.n. tegen aardbevingen



18.

MAATREGELEN ROND WONINGEN

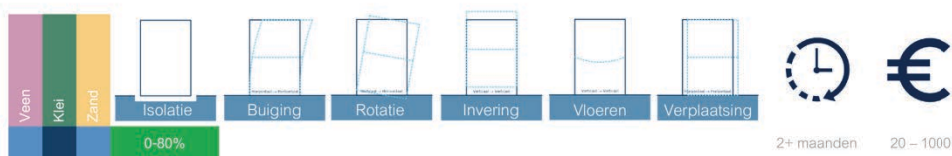
Woning afschermen



- Realiseren van een scherm in de bodem, veel mogelijkheden
 - Sloop
 - Scherm van EPS
 - Scherm van damwand(en), evt. gecombineerd met EPS
 - Scherm van beton of jetgrout (evt. bekleed met rubber)
 - CSM-wand (soil-mix methode)
- Meest **effectief bij gelaagde bodem**, doordat trillingsenergie dan vaak vooral in bovenste grondlagen zit
- Aandachtspunten: interactie met kabels en leidingen, toekomstvastheid, effect afhankelijk van lokale bodem, bij laagfrequente trillingen of verdiepte ligging **grote diepte** nodig, grote bouwplaats (hinder, ruimtebeslag) nodig



Sloten zijn overal aanwezig, trillingschermen op diverse locaties (beton, jet-grout, damwand, EPS, bekleed beton, o.a. Utrecht, Tricht, Arnhem)



19.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Salland-Twentetunnel: trillingen en laagfrequent geluid van reizigerstreinen

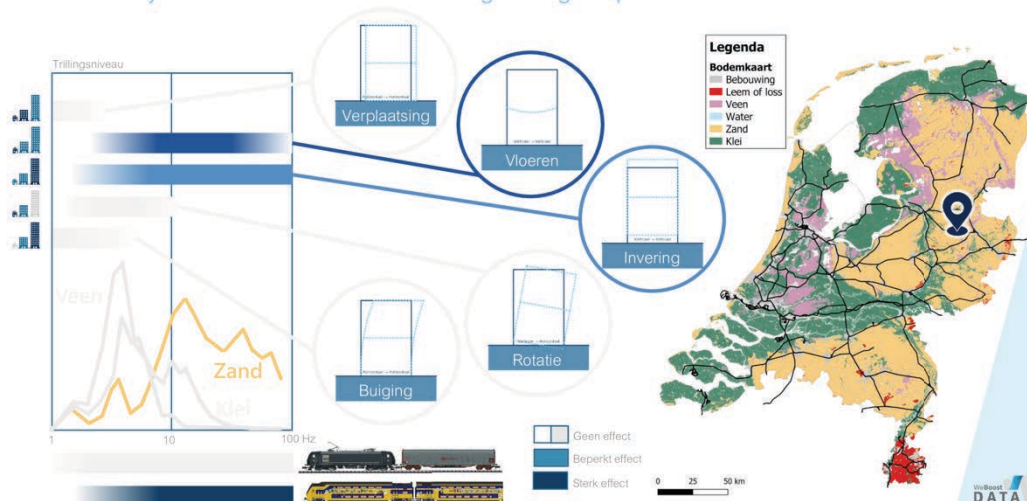
- Trillingen en laagfrequent geluid t.g.v. tunnel
- I.o.v. Rijkswaterstaat 'verzachtende' maatregelen onderzocht tegen trillingen en laagfrequent geluid
 1. Woningbezoek, interview bewoners, bureauonderzoek
 2. Opstellen lijst met maatregelen, incl. kosten, impact op trillingen en laagfrequent geluid, 'bewoonbaarheid'
 3. In gesprek met bewoners o.b.v. keuzelijst maatregelen geselecteerd
 4. Geen doelmatigheidsafweging, ging om 'verzachtende' maatregelen (max. 47 k€ incl. BTW)
- Uitgevoerd bij 6 van de 7 objecten, 5 bewoners tevreden



20.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Salland-Twentetunnel: vooral hoge trillingsfrequenties



13

21.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Salland-Twentetunnel: intensief en duur onderzoek is niet altijd nodig

Nr	Maatregel	Toepasbaar op			Effect op		
		Begane grond	1e/2e verdieping	Vereniging	Woning	Landbouwer/land	Overal
1	Panel-resonator	✓	✓	✓	0	++	C
2	Vervangen voorzetranden	✓	✓	✓	0	++	C
3	Vervangen balkenlag	✓	✓	✓	0	++	C
4	Vervangen houten vloer door betondek	✓	✓	✓	0	++	C
5	Vervangen voordeur en beglazing	✓	✓	✓	0	++	C
6	Toepassen rolluiken	✓	✓	✓	0	++	C
7	Afpassen bed	✓	✓	✓	+++	0	C
8	Afpassen vloer (o.m. 4)	✓	✓	✓	+++	++	C
9	Verkleinen overspanning	✓	✓	✓	+++	++	C
10	Horizontaal verslijven woning	✓	✓	✓	++	0	C

Lessons learned

- Als je niet aan een richtlijn wilt toetsen, maar vooral op zoek bent naar een verbetering van de woonsituatie, dan is **expert judgment toereikend**: lage onderzoekskosten
- Investeer in **goed omgevingsmanagement**, maatregelen zijn ingrijpend
- Denk mee met bewoners: hoe kun je e.e.a. **combineren met woningverbetering**?
- Door ontbreken van toetsing kun je ook **lastig aantonen** dat je maatregelen hebben gewerkt (kritische bewoners).



22.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Betuweroute: veel trillingen van zware goederentreinen

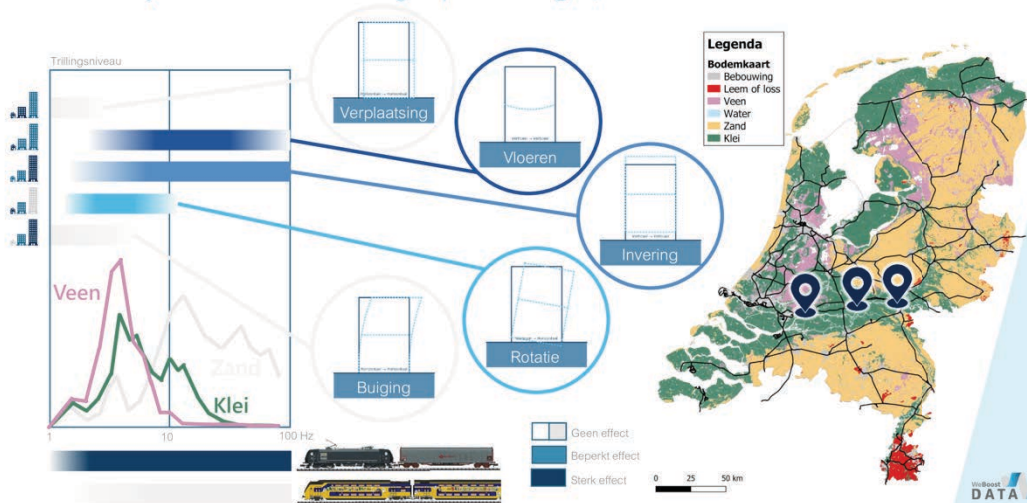
- I.h.k.v. MER-evaluatie onderzoek bij ca. 70 woningen
- Maatregelen in spoor en bodem niet doelmatig
- Onderzoek naar doelmatige woningmaatregelen
 - Metingen, bureauonderzoek, bouwkundige inspectie
 - Analyseren mogelijke maatregelen en maken doelmatigheidsafweging
 - In gesprek met bewoners maatregelen vastgesteld en uitgevoerd
- Uitgevoerd bij 14 van de 33 objecten met een overschrijding



23.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Betuweroute: vooral laagfrequente trillingen, veel houten vloeren



24.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Betuweroute: maatwerk zorgt voor hoge onderzoeks- en realisatiekosten

Lessons learned (proces)

- Zorgvuldig proces duurt snel veel te lang voor bewoners (lang in hinder/onzekerheid)
- Er wordt gewerkt in het privédomein van mensen, daar komt veel emotie bij kijken. Omgevingsmanagement is cruciaal
- Wees flexibel i.r.t. de uitvoering, kijk mee naar meekoppelkansen
- Meer- en minderwerk tijdens uitvoering is onontkoombaar: strak en meedenkend bouwmanagement is essentieel

Lessons learned (inhoud)

- M.n. bij oudere woningen is de constructie vaak onbekend, dus maatregelen zijn lastig te begroten (denk aan kabelwerk i.r.t. bouwbesluit)
- Voor echt gedetailleerde afweging zijn uitgebreide metingen noodzakelijk, m.n. oudere woningen reageren heel verschillend
- Regelmatig zijn hoge trillingen het gevolg van qua trillingen bouwkundig onverstandige ingrepen van bewoners (maken van open ruimtes bijv.)

25.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

Casestudy Houten: veel trillingen van zware goederentreinen

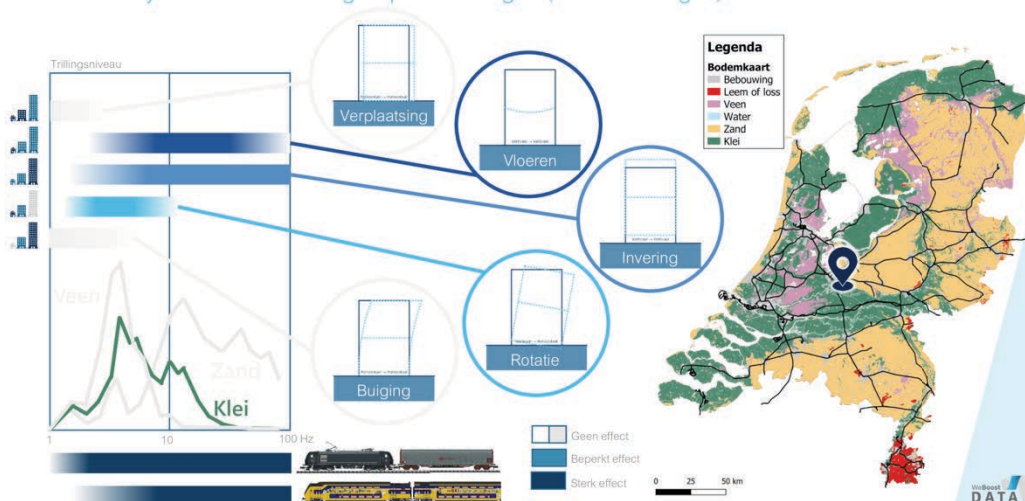
- I.h.k.v. klachten onderzoek bij ca. 22 woningen
- Maatregelen in spoor en bodem niet doelmatig
- Onderzoek naar doelmatige woningmaatregelen
 1. Metingen, bureauonderzoek, bouwkundige inspectie
 2. Analyseren mogelijke maatregelen en maken doelmatigheidsafweging
 3. Effectieve maatregelen zijn (veel) duurder dan richtbedrag voor doelmatigheid (47 k€ incl. BTW)
- Niet uitgevoerd



26.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

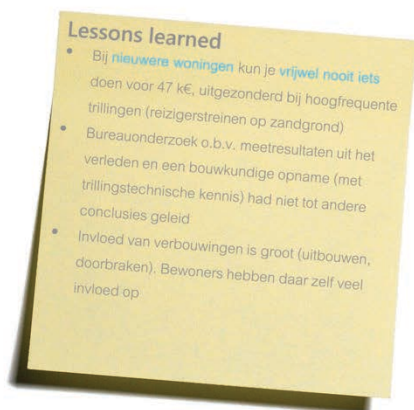
Casestudy Houten: vooral laagfrequente trillingen (rotatie woningen)



27.

DRIE PRAKTIJKERVARINGEN

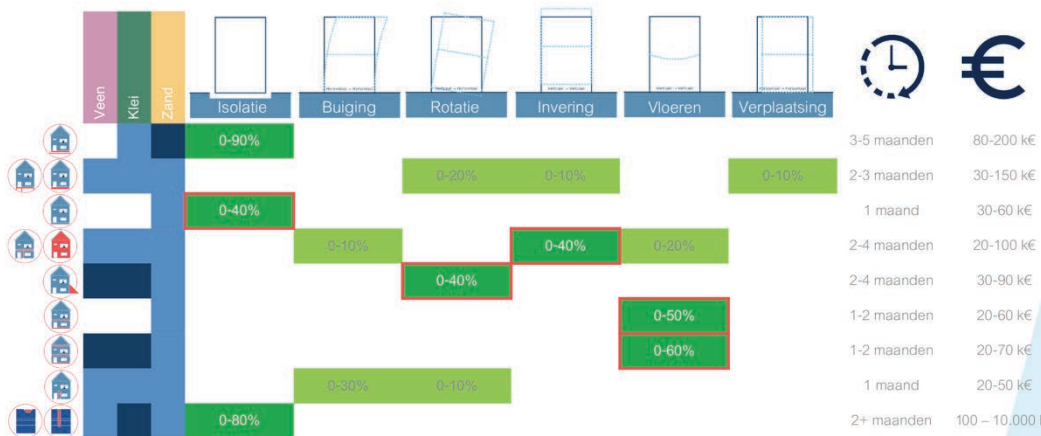
Casestudy Houten: nieuwere woningen zijn lastig te verbeteren



28.

TJA, KUN JE DAN ECHT WAT VOOR € 50.000?

Nou, dat is sterk afhankelijk van de situatie, vaak niet zoveel



29.

SAMENGEVAT

- Belangrijkste oorzaken van trillingen
 - Rotatie van woningen op trillingsgolven (zware goederentreinen)
 - M.n. op klei- en zandgrond: trillende vloeren (en soms ook de constructie, zeker als die is aangepast t.g.v. verbouwingen)
- Veel maatregelen zijn vaak ingrijpend, complex en duur, soms wel mogelijkheden (< 50 k€)
 - Algemeen: inpakken van fundering (zandgrond, vooral reizigerstreinen, alleen maaiveldligging)
 - Trillingen door rotatie: (fors) uitbouwen of stabiliteitsvleugels plaatsen
 - Trillingen door vloeren: houten vloeren verstevigen, of betonnen vloeren afveren
 - Trillingen door inverting constructie: slappe delen (bijv. stalen balken) verstevigen
- Soms is een trillingsscherm (bijv. een sloot) inpasbaar en effectief (wel duur)



30.



Pieter Boon

We-Boost, Utrecht

 pieter@we-boost.nl

 +31 6 1003 9454

 www.we-boost-data.nl



JFF Spoortrillingen Bijeenkomst 12

**Maatschappelijke
kosten-batenanalyse (MKBA)**

bijeenkomst: 22 april 2021

public
mediation

Doel en opzet bijeenkomst

Het doel van deze bijeenkomst is om te leren over de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) en hoe deze analyse beleidsmakers informeert over de welvaartsveranderingen die grote infrastructuur projecten veroorzaken. Olaf Koops van NEO Observatory gaf hier een uitgebreide presentatie¹⁴⁷ over (slides staan aan het einde van dit document). Olaf is specialist op het gebied van MKBA's voor publieke investeringen, vooral bij infrastructuurprojecten. Hij is onder meer betrokken bij het Centrum Ondergronds Bouwen waar hij de baten boven de grond berekent van snelwegen die ondergronds aangelegd worden. De presentatie ging over de MKBA-principes zonder deze toe te passen op spoortrillingen, omdat Olaf geen specialist is op het gebied van trillingen.

In dit verslag wordt eerst de maatschappelijke kosten-batenanalyse uiteengezet met de scenario's, effecten, de OEI Systematiek, betrouwbaarheid, beleidsvorming, waardering van niet-geprijsde goederen en mogelijke kritiek. Daarna volgen drie voorbeelden over het nut van MKBA's bij infrastructuurprojecten, twee inhoudelijke vragen en een suggestie voor onderzoek in de toekomst.

Maatschappelijke kosten-batenanalyse

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse is een transparante beschrijving van alle effecten van een project op de maatschappij¹⁴⁸ met de hoofdvraag: gaat maatschappelijke welvaart in Nederland erop vooruit? Hierbij worden zo veel mogelijk effecten (financieel-economisch en maatschappelijke) uitgedrukt in euro's zodat de effecten onderling met elkaar te vergelijken zijn. Het moneteriseren van effecten wordt gedaan op basis van uniforme leidraden.

Scenario's

In een MKBA worden meestal een aantal projectalternatieven uitgewerkt in verschillende scenario's. De scenario's worden gebruikt omdat onzeker is hoe de wereld (omgevingsfactoren waarbinnen het project zich bevindt) er in de toekomst uitziet. Een belangrijk projectalternatief is het alternatief wanneer het project niet wordt uitgevoerd, het zogenaamde nul-alternatief. Ook zonder projectinvestering vinden namelijk ontwikkelingen plaats in de wereld. In een MBKA worden de effecten van de verschillende projectalternatieven afgezet tegen het nul-alternatief om aan te tonen wat het project toevoegt of wegneemt. Gaat de welvaart achteruit of vooruit? Welke effecten zijn belangrijker en welke minder? Wie zijn de winnaars en wie zijn de verliezers?

Effecten

Een maatschappelijke kosten-batenanalyse bevat directe effecten, indirecte effecten en externe effecten¹⁴⁹. Als eerste gaat het bij directe effecten over de winst voor de gebruikers (bijv. reizigers) en exploitanten (bijv. dienstverleners) van de infrastructuur. Ten tweede gaat het bij indirecte effecten om de doorwerking van de directe effecten via markten op delen die niet direct betrokken zijn bij het project. Voorbeelden hiervan zijn arbeidsmarkteffecten of de effecten op de transportmarkt van minder/meer treinen op andere delen van het spoor door de aanpassingen aan het beoogde traject. Ten derde zijn externe effecten niet geprijsde goederen die het welzijn van derden beïnvloeden. Dit pakt positief uit als bijvoorbeeld een spoorwegtraject verplaatst wordt van bovengronds naar ondergronds en de leefbaarheid daarbij verbetert. Echter kunnen dit ook negatieve externe effecten zijn zoals geluidshinder, congestie, fijnstof, CO₂-uitstoot, bodemvervuiling, beschadiging van cultuurhistorie of

¹⁴⁷ Olaf Koops, NEO Observatory. 22 april 2021. Presentatie *Introductie Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA), van afwegingsinstrument naar planoptimalisatie*.

¹⁴⁸ Idem. slide 2.

¹⁴⁹ Idem. slide 3.

spoortrillingen. Voor externe effecten zijn vanuit economische theorie allerlei methodes om deze te waarderen en uit te drukken in euro's. Hierbij wordt gekeken naar de betalingsbereidheid van actoren, maar deze waarderingen kennen een grote onzekerheidsmarge. Soms worden de kosten of baten van externe effecten daarom niet uitgedrukt in euro's maar met een plus of min.

OEI Systematiek

In het jaar 2000 zijn door het toenmalige ministerie van Verkeer en Waterstaat richtlijnen opgesteld voor het uitvoeren van een MKBA: de OEI Systematiek¹⁵⁰. Het doel van deze richtlijnen is om de uniformiteit, kwaliteit en transparantie van een MKBA te waarborgen. Deze systematiek is verplicht voor publieke investeringen in infrastructuur van nationaal belang en worden vrijblijvend toegepast in andere domeinen zoals de zorg, ICT of veiligheid. De actuele versie is opgesteld door het Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving in 2013 en vormt momenteel de algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyses.

De OEI Systematiek bestaat uit acht stappen.

1. Probleemanalyse
 - a. De doelstelling en ambitie van een project definiëren¹⁵¹. Heb je het juiste probleem of de juiste ambitie voor ogen? Is het erg als het probleem niet wordt opgelost?
2. Definitie projectalternatief
 - a. Het projectalternatief is de mogelijke oplossing voor het probleem.
3. Definitie nul-alternatief
 - a. Dit zijn de effecten als er geen project wordt gerealiseerd¹⁵². Projectalternatieven worden afgezet tegen dit nul-alternatief. Wat zijn de meest waarschijnlijke ontwikkelingen als we het project niet uitvoeren? Niets doen betekent meestal niet dat er niets verandert. Baten vinden ook in het nul-alternatief plaats zonder de kosten van het projectalternatief.
4. Bepalen kosten
5. Bepalen effecten
6. Bepalen baten
7. Opstellen overzicht kosten en baten
 - a. Hier wordt ook het saldo duidelijk van de verschillende alternatieven.
8. Varianten- en risicoanalyse
 - a. Deze gevoeligheidsanalyses gebruikt men om de aannames te valideren. Hieruit is af te lezen hoe robuust de berekeningen zijn en daarom dus hoe relevant de uitkomsten zijn.

Tegenwoordig worden uniforme richtlijnen voor zichtperiodes gebruikt om te berekenen hoe lang een investering baten oplevert in de toekomst. Dit lijkt bijvoorbeeld te zijn misgegaan bij de MKBA voor de Betuweroute. Bij deze MKBA zijn de toekomstige baten te zwaar meegewogen.

2

Betrouwbaarheid en onzekerheid

Voor het opstellen van een MKBA worden veel aannames gemaakt en aannames komen met onzekerheidsmarges¹⁵³. Het gaat hier om de aannames voor de berekeningen waar goederen mee gewaardeerd worden, maar ook om aannames over hoe kennis (zoals technologie) en beleidskeuzes zich in de toekomst ontwikkelen. Men dient transparant te zijn over de onzekerheid en alle aannames goed te onderbouwen.

¹⁵⁰ Olaf Koops, NEO Observatory. 22 april 2021. Presentatie *Introductie Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA), van afwegingsinstrument naar planoptimalisatie*. Slide 4.

¹⁵¹ Idem. Slide 8.

¹⁵² Idem. Slide 9.

¹⁵³ Idem. Slide 5.

De mate waarin de onzekerheden en rekenmodellen worden uitgewerkt verschilt per soort MKBA. Deze zijn te vinden in twee smaken met elk een bepaalde mate van detail. Als eerste wordt in een quick scan MKBA (of kengetallen MKBA) op summier wijze een inschatting gemaakt van de effecten van een projectinvestering door algemene kengetallen te gebruiken. Dit geeft een eerste beeld van de effecten. Deze informatie kan worden benut om het projectontwerp te verbeteren of de maatschappelijke waarde van een project aan te tonen. Ten tweede worden in een volledige MKBA de effecten in detail berekend en is de kwaliteit veel hoger (om een indruk te geven: de productiekosten liggen bij een volledige MKBA een factor 3 tot 5 hoger dan bij een quick scan MKBA). Een volledige MKBA wordt gebruikt als informatie-instrument voor bestuurlijke besluitvorming. Geregeld komt het voor dat een second opinion door een onafhankelijke partij wordt uitgevoerd voor de kwaliteitsborging of als tussen stakeholders discussie ontstaat over de uitkomsten van een MKBA.

MKBA en beleidsvorming

De MKBA voorziet besluitmakers van onafhankelijke informatie voor een vaak politieke beslissing¹⁵⁴. De beslissing is politiek omdat een afweging gemaakt wordt over welke actoren in welke mate lasten en baten toebedeeld krijgen. Het zou het beleids- en planvormingproces ten goede komen als relatief vroeg in het proces een MKBA wordt uitgevoerd. Ten eerste is dat nuttig omdat je zo bijvoorbeeld kan bijsturen in het ontwerpproces als in de MKBA onverwachte negatieve effecten naar voren komen. Ten tweede zie je geregeld dat besluitmakers al een voorkeursvariant hebben ontwikkeld voordat de MKBA wordt uitgevoerd. Als de MKBA wordt uitgevoerd als formaliteit dan komt het niet tot zijn recht. Dan wordt vaak onvoldoende aandacht gegeven hoe verliezers gecompenseerd worden of waar koppelkansen liggen met andere investering die baten creëren voor de omgeving. Later in dit verslag staan een aantal voorbeelden van koppelkansen.

Besluitmakers kiezen niet automatisch voor het MKBA projectalternatief met het hoogste saldo. Redenen hiervoor kunnen zijn dat er geen maatschappelijk draagvlak bestaat voor dat project, dat het de ongelijkheid vergroot (dus dat groepen met minder welvaart de verliezers zijn van dit project), de financiering niet binnen het budget valt of dat bepaalde effecten niet wenselijk zijn.

Waardering van niet-geprijsde goederen

Bepaalde goederen (zoals geluidshinder, schone lucht, kwaliteit van publieke ruimte, externe veiligheid, een park, een icoon als de Erasmusbrug, kennis-spillovers of spoorwegtrillingen) hebben geen monetaire prijs in onze economie¹⁵⁵. Hoe waardeer je deze niet-geprijsde goederen? De effecten zijn meestal onzeker, de waardering lastig en ook vaak onderschat door de volgende twee redenen. Ten eerste is de causale relatie met het project vaak moeilijk in te schatten. In hoeverre is een effect terug te redeneren naar één bepaalde investering? Ten tweede is het onduidelijk hoe je een hoeveelheidsverandering waardeert: als het effect toeneemt, in welke mate neemt de waarde dan toe/af?

Om de waarde van niet-geprijsde goederen toch te benaderen, worden uitgebreide wetenschappelijke onderzoeken gedaan naar de betalingsbereidheid van deze goederen vanuit de welvaartstheorie. Dit gaat bijvoorbeeld volgens de hedonische prijzenmethode. Deze methode is een economische waarderingstechniek met de aanname dat de waarde van goederen wordt bepaald door de som van alle onderdelen waar het uit bestaat. Voor een woning bestaat dit uit oppervlakte, materialen, bouwjaar, locatie, etc. Een hele andere methode is door te enquêteren hoeveel men wil betalen voor een halvering van de trillingen bijvoorbeeld.

¹⁵⁴ Olaf Koops, NEO Observatory. 22 april 2021. Presentatie *Introductie Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA), van afwegingsinstrument naar planoptimalisatie*. Slide 6, 12.

¹⁵⁵ Idem. Slide 13.

Met een stijgende welvaart hebben burgers in toenemende mate last van negatieve externe effecten. Dat is zo doordat hoe rijker we zijn, hoe meer we elementen als rust, schone lucht en natuur waarderen.

Kritiek op de MKBA

Drie voornamelijke bronnen van kritiek op de MKBA zijn de onzekerheidsmarges, de interpretatie van de rapporten en hoe ze gebruikt worden bestuurlijke besluiten te rechtvaardigen. Ten eerste is in de praktijk gebleken dat MKBA's geregeld onder- of overschattingen doen van kosten of baten. Dit is enerzijds inherent aan de onzekerheid rondom investeringsprojecten. Anderzijds kan het de zeggingskracht en invloed van MKBA's op het ontwerpproces en besluitproces van investeringsprojecten ondermijnen. Ten tweede zijn MKBA-rapporten veelal lastig te lezen en te interpreteren voor niet-economen. Dit komt door het economisch jargon dat gebruikt wordt. Het jargon kan de MKBA in een blackbox veranderen waar slechts de conclusies van worden meegenomen, terwijl de onderbouwing van aannames een essentieel onderdeel is. Dit probleem wordt geregeld versterkt wanneer veel niet-economen betrokken zijn bij de besluitvorming rondom publieke infrastructuurprojecten. Ten derde wordt een MKBA vaak gebruikt om een bestuurlijk besluit te rechtvaardigen. De MKBA is een informatie-instrument en geen beslissingsinstrument. Dit is niet altijd voor iedereen helder. Uiteindelijk is het altijd een politiek/bestuurlijke afweging.

Voorbeelden

Voorbeeld Schiedam A4 Ketheltunnel

Een voorbeeld hoe een MKBA kan bijdragen aan het koppelen van baten voor verschillende groepen komt naar voren bij de verlenging van de A4 bij Schiedam¹⁵⁶. De aanleg van deze snelweg zou veel baten gaan opleveren voor automobilisten rondom Rotterdam, maar kende verliezers onder de bewoners van de woonwijken waar deze langs zou gaan lopen. Toen is besloten om de weg ondergronds aan te leggen en te koppelen aan de visie voor meer groen en sport in de buurt. Boven op de ondergrondse snelweg zijn sportvelden en groenvoorzieningen aangelegd. Op die manier konden op een andere plaats in dezelfde wijk een klein aantal sportvelden plaatsmaken voor woningen. Dit is een voorbeeld hoe je verliezers kan compenseren en ambities kan koppelen.

Voorbeeld A2 tunnel Maastricht

Door de A2 bij Maastricht te verleggen naar een tunnel zijn de huizenprijzen rondom dit traject in totaal met ruim 200 miljoen euro gestegen ten opzichte van soortgelijke huizen elders¹⁵⁷. In de MKBA voor de A2 Maastricht tunnel waren deze baten geschat op 12 miljoen euro. Hiermee zien we dat infrastructuurprojecten niet alleen reistijd baten hebben maar ook andere baten creëren als ze integraal worden benaderd samen met andere kansen voor het inrichten van een gebied. Dit geldt in het bijzonder voor stedelijke gebieden door de schaarse ruimte.

Voorbeeld Maastricht-Aachen Airport

Het vliegveld Maastricht-Aachen bleek in de MKBA meer op te leveren wanneer met minder vliegbewegingen minder intensief gebruikt werd gemaakt van het vliegveld¹⁵⁸. Dit kwam ten eerste door een waardedaling van de woningen in de omgeving door zowel geluidshinder als een inbreuk op de externe veiligheid. Bij Schiphol wordt dit bijvoorbeeld vanaf een drempelwaarde van het geluidsniveau van 45 dB(A) gewaardeerd op een daling in woningwaardes van 0,8 procent per decibel¹⁵⁹. Ten tweede zouden de bezoekers van een nabijgelegen natuurgebied minder genieten door geluidsoverlast. Met

¹⁵⁶ Olaf Koops, NEO Observatory. 22 april 2021. Presentatie *Introductie Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA), van afwegingsinstrument naar planoptimalisatie*. Slide 11.

¹⁵⁷ Idem. Slide 15-16.

¹⁵⁸ Idem. Slide 17.

¹⁵⁹ Idem. Slide 20.

een bepaling van de betalingsbereidheid van dagbezoekers zou je dit niet-geprijsde goed kunnen waarderen op 1 euro per bezoeker per jaar. Dit levert twee grote posten op bij de externe effecten van het vliegveld die bij minder intensief gebruik van het vliegveld leiden tot hogere maatschappelijke baten.

Vragen

Vraag: Hoe zeker is het dat de modal shift die gesuggereerd wordt in de MKBA van de Meter-Boxtelroute¹⁶⁰ ook daadwerkelijk zal plaatsvinden bij het invoeren van gedifferentieerd rijden?

Antwoord van Olaf Koops: Zo ver ik kan zien gaat het hier om een quick scan MKBA. De kengetallen voor de berekeningen van een mogelijke modal shift zijn onvoldoende onderbouwd om hier uitspraken over te doen. De elasticiteit van de markten achter deze modal shift wordt bijvoorbeeld niet toegelicht. Daarom is niet duidelijk hoe groot de onzekerheidsmarges zijn. Maar je zou ook na kunnen denken over de mate van onzekerheid dat goederen over 30 jaar nog vervoerd worden over het spoor, de weg en het water. De planbureaus hebben een aantal infrastructuur toekomstscenario's uitgewerkt tot 2050 die hiervoor doorgaans gebruikt worden.

Vraag: Worden in de hedonische prijsanalyse negatieve effecten op de gezondheid van omwonenden ook meegerekend? Denk hierbij aan slaapverstoring door trillingen of longaandoeningen door vervuilde lucht.

Antwoord van Olaf Koops: Bij de hedonische prijsanalyse van woningwaarden of grondwaarden worden alle onderliggende oorzaken van prijsverschillen impliciet meegenomen, dus ook gezondheidseffecten. Vaak is gezondheidsschade onderdeel van de MKBA zelf en wordt deze apart berekend. Door de combinatie kan dubbeltellingen ontstaan.

Nog te onderzoeken

Vanuit het perspectief van de MKBA is het interessant om in de toekomst het volgende te onderzoeken over spoorwegtrillingen: Kan het Centraal Planbureau of bijvoorbeeld de VU Amsterdam een hedonische prijsanalyse uitvoeren van de ontwikkelingen van woningprijzen langs goederenvervoer tracés?

Introductie Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA)

van afwegingsinstrument naar planoptimalisatie

Olaf Koops
NEO Projecten

Presentatie 22 april 2021 t.b.v. Joint Fact Finding Spoorwegtrillingen

1

Wat is een maatschappelijke kosten-baten analyse?

*Overzichtelijke beschrijving van alle effecten van een projectalternatief
die de maatschappij ondervindt*

- Alle relevante effecten inzichtelijk in beeld
- Welvaartsbegrip: financieel-economische waarde én maatschappelijke waarde
- Zo veel mogelijk in euros uitgedrukt
- Uniformiteit, transparantie, vergelijkbaarheid
- Informatie-instrument voor afwegen van publieke investeringen

2

Waarde in de economie

- Directe effecten (eigenaren/exploitanten, gebruikers)
- Indirecte effecten (doorwerking directe effecten via markten)
- Externe effecten (doorwerking via niet-geprijsde goederen die het welzijn van derden beïnvloeden)
 - Positief: leefbaarheid, kennisspillover, agglomeratievoordeel
 - Negatief: geluidshinder, congestie, fijnstof, CO2 uitstoot, bodemvervuiling, cultuurhistorie, **spoortrillingen**
- Vanuit Economische Theorie allerlei methoden ontwikkeld om niet-geprijsde effecten te waarderen
- Niet alle effecten in euro's uitgedrukt in MKBA (PM posten, kwalitatief met +/-)

3

OEI systematiek

- Richtlijnen en aanwijzingen voor opzet MKBA
 - Effecten
 - Saldo kosten en baten
 - Risico's en onzekerheden
- Uniformiteit en kwaliteitsborging in aanpak MKBA
- Aanleiding: Betuwelijn debacle
- Vanaf 2000 door Ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Verplicht voor publieke investeringen in (grote) infrastructuur van nationaal belang, vrijblijvend toegepast op andere domeinen (zorg, ICT, veiligheid, ProRail, etc.)



- **Actuele versie:** Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving (2013) Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse.

4

Betrouwbaarheid MKBA

- Beleidsvorming onder onzekerheid
- Quick scan MKBA, kengetallen KBA, volledige MKBA verschillen in kwaliteit en uitgebreidheid van onderzoek.
- Second opinion door onafhankelijke partij voor kwaliteitsborging

MKBA en onzekerheid:

- Transparantie en goede onderbouwing van veronderstellingen
- Meerdere toekomstscenario's in MKBA voor onzekerheden buiten projectscope
- Gevoeligheidsanalyses (stap 8) voor toekomst-, beleids- en kennisonzekerheid

5

MKBA in het planvormingsproces

- Laat in het planvormingsproces
- (verplicht) afwegingsinstrument tussen projectvarianten
- Niet toegankelijk voor niet-economen, beladen door positie t.o.v. het politieke besluitvormingsproces

MKBA is breder toepasbaar:

- Instrument voor inzichtelijk maken van maatschappelijke waarde en belangen van alle partijen en begrip voor een project
- Instrument voor verbeteren van ontwerp project vroeg in het planproces

6

MKBA voor verbeteren van projecten

- Redeneerlijn MKBA toepassen in ontwerpfase
- Instrument voor inzichtelijk maken van waarde
- Met je plannen meer waarde creëren

- 4 Principes
 - Wat is het probleem?
 - Niets doen is ook een optie
 - Maximaliseer de baten
 - De bestuurder beslist

7

1. Wat is het probleem

- Probleemanalyse (stap 1)
- Doelstelling/ambitie van een project definiëren

- Heb je wel het juiste probleem of ambitie te pakken?
- Is het erg als je probleem niet wordt opgelost?

8

2. Niets doen is ook een optie

- Wat gebeurt er als we het project niet uitvoeren? Wat is de meest waarschijnlijke ontwikkeling?
- Niets doen is niet dat er niets gebeurt.
- Definitie van het nulalternatief is cruciaal (stap 3)
- Projectalternatieven worden afgezet tegen het nulalternatief. Veel baten kunnen ook al in het nulalternatief plaatsvinden, zonder de kosten van het projectalternatief.

9

3. Maximaliseer de baten

- MKBA stelt 1 vraag: wordt NL beter van uw project?
- Maximaliseer baten eerst, dan pas minimaliseren van kosten
- Wie zijn de winnaars en verliezers?
- Hoe kunnen winnaars verliezers compenseren?
- MKBA saldo en saldo business case

10

Voorbeeld 1: Schiedam A4 Ketheltunnel Compensatie voor externe effecten

Van barrière naar een participatief ontworpen project

A4 gekoppeld aan gemeentelijk programma 'Schiedam in Beweging' voor sport, wonen en groen

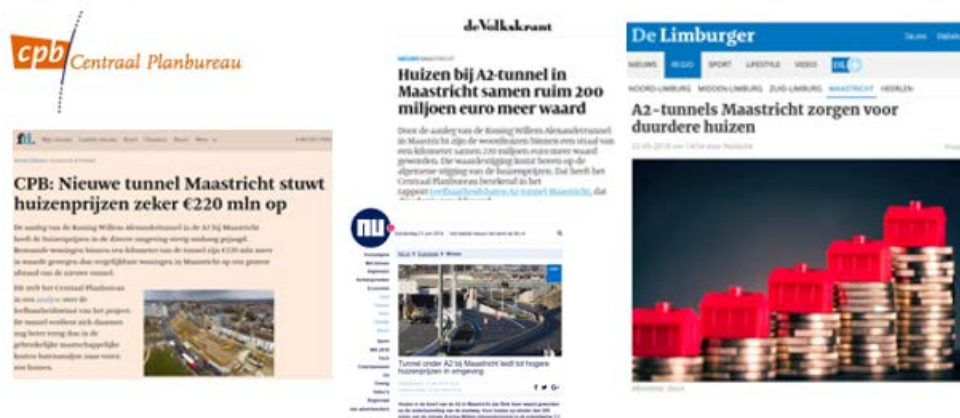


4. De bestuurder beslist



- MKBA beslist niet!
- MKBA is slechts een bron van informatie
- MKBA maakt effecten inzichtelijk, keuze blijft een politieke afweging
- Argumenten om af te wijken van MKBA uitkomst:
 - Maatschappelijk draagvlak
 - Verdelingsvraagstukken
 - Financiering
 - Niet wenselijke effecten

Leefbaarheidsbaten bij opening A2 tunnel Maastricht



Voorbeeld 3: CPB onderzoek A2 Maastricht (2018) grote externe effecten

Ex post analyse: batenoverschrijding van ruim 1/4 van totale kosten dankzij verbeterde leefbaarheid (220 i.p.v. 12 miljoen euro!)

Infrastructuurprojecten hebben niet alleen reistijd baten, zeker bij integrale ruimtelijke- en mobiliteitsprojecten in stedelijk gebied

Nieuwe waarderingmethode laat onderschatting zien in bestaande MKBA praktijk voor schatten kwaliteit van publieke ruimte (vastgoed, open ruimte/parken, iconwerking)

Idem bij Spoortunnel Delft (CPB, 2019)

Voorbeeld 4: NEO Observatory/LeoBus (2020) MKBA Maastricht-Aachen Airport grote externe effecten

Resultaten laten zien dat een kleinere luchthaven (variant Vrachtvliegveld of Klein Verkeersvliegveld) meer welvaart oplevert

Twee grote externe effecten:

- Geluid en externe veiligheid (via woningwaardedalingen)
- Natuur (via aantal bezoekers natuur- en recreatiegebieden binnen geluidscontouren MAA)

In opdracht van omwonenden



Effecten van spoorwegtrillingen

- Effect van spoorwegtrillingen is een kennishiaat in MKBA literatuur
- **“Hoeveelheid”**
- RIVM doet onderzoek naar gezondheidseffecten van spoorwegtrillingen (aantal gehinderden en ernstig gehinderden)
- RIVM is bezig met ontwikkeling van een rekenmodel voor spoorwegtrillingen
- **“Prijs”**
- Er is vanuit economische literatuur geen onderbouwing voor de waardering van spoorwegtrillingen.
- Wel is er vanuit de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts) een normbedrag vastgesteld van € 47.000 per trillinggehinderde woning
- Deze norm is vanuit een juridische invalshoek tot stand gekomen, niet vanuit een welvaartseconomische invalshoek

18

Internationale literatuur over effect van nabijheid van railverkeer



- Bron: CPB (2018) Ruimtelijke- én mobiliteitsprojecten in de stad: wat en hoe groot zijn de effecten?
- Twee effecten: bereikbaarheidsvoordeel en geluidshinder
- Hedonische prijsanalyse van grond- en huizenprijzen in nabijheid van bovengronds spoor op basis
- Ahlfeldt et al. (2016) vinden (1) een daling van één kilometer afstand naar het station leidt tot een stijging van de grondprijzen met 21% en (2) een vermeerdering van de geluidsoverlast met 10 decibel tot daling van de grondprijzen met 5%.
- Debrezion et al. (2011) vinden een negatief effect van geluidsoverlast tot aan 250 meter van het station. Huizen binnen deze afstand van het spoor ervaren een daling van de huizenprijzen met 5%.
- Spoorwegtrillingen zijn in deze studies niet expliciet meegenomen, een *omitted* variabele.

19

Nationale literatuur over effect van nabijheid van vliegverkeer



- Bron: CPB (2006) Geluidsnormen voor Schiphol. Een welvaartseconomische benadering.
- Hedonische prijsanalyse van woningwaarden en geluidscontouren
- Vanaf een drempelwaarde van het geluidsniveau van 45 dB(A) treedt er waardedaling van woningen van 0,8% van de woningwaarde per decibel

20

Oproep aan Ministerie

- Vraag het Centraal Planbureau of VU Amsterdam om een hedonische prijsanalyse uit te voeren van de ontwikkelingen van woningprijzen langs goederenvervoer tracés