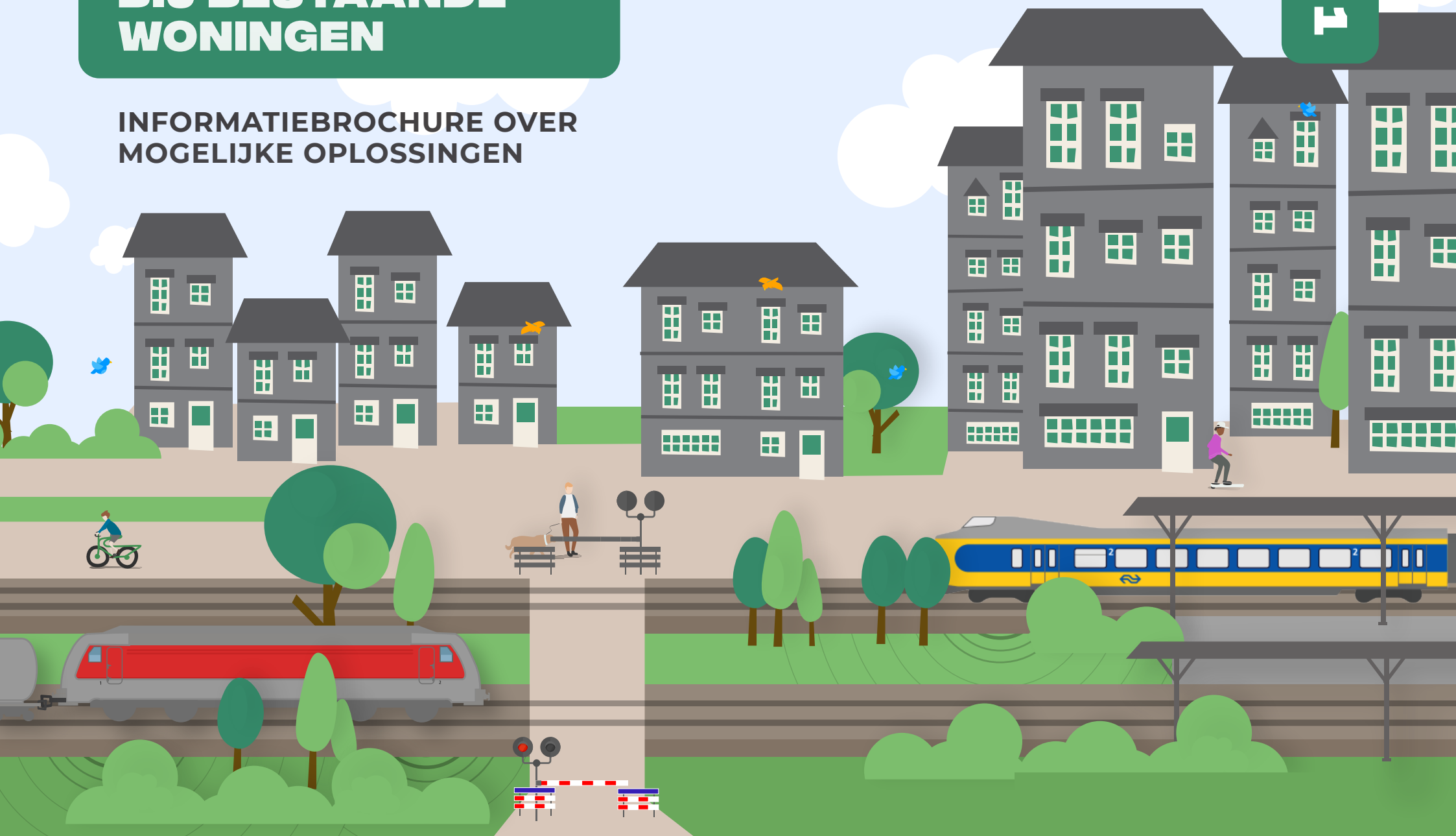


SPOORTRILLINGEN BIJ BESTAANDE WONINGEN

INFORMATIEBROCHURE OVER
MOGELIJKE OPLOSSINGEN

DEEL 1



1 . INTRODUCTIE

1.1 WAAROM EN VOOR WIE IS DEZE BROCHURE GEMAAKT?

Treinen die over het spoor rijden kunnen voor trillingen zorgen. Soms zijn deze trillingen voelbaar in woningen dichtbij het spoor. Sommige bewoners hebben last van de trillingen. Ze schrikken bijvoorbeeld 's nachts wakker of raken overdag verstoord.

Deze brochure is gemaakt als overzicht voor bewoners, gemeenteambtenaren, woningbouwers, ingenieurs, aannemers, en anderen die te maken hebben met spoortrillingen in bestaande gebouwen. De brochure is bedoeld om kennis te bundelen over oplossingen voor trillingsoverlast in bestaande woningen (of andere gebouwen). De kennis wordt daarmee beter toegankelijk.

1.2 HOE IS DE BROCHURE OPGEBOUWD?

De brochure bestaat uit twee delen.

DEEL I Deze brochure, geeft een samenvattend overzicht. Het eerste hoofdstuk gaat over hoe trillingen ontstaan. Daarna gaat het over maatregelen aan bestaande woningen. Ook worden maatregelen in de bodem behandeld, en maatregelen aan het spoor of de treinen. Dit deel is geschikt voor iedereen die benieuwd is naar oplossingen voor spoortrillingen, ook als je nu nog niets weet.

DEEL 2 Bevat uitgebreide achtergrondinformatie voor wie meer wil weten over wat in deel I aan bod is gekomen. Dit tweede deel is online beschikbaar via de QR-code hiernaast.

Termen die uitleg nodig hebben, hebben we onderstreept, de uitleg is in een woordenlijst achterin dit document opgenomen.



1

Verzamel informatie over de trillingen, eventueel met hulp van een deskundige

Hoofdstuk 2

Meer informatie is te vinden in **Deel 2***



2

Zoek uit of laagdrempelige maatregelen kunnen helpen

Hoofdstuk 2



3

Zoek uit of maatregelen aan de woning of in de bodem kunnen helpen, met hulp van een deskundige

Maatregelen woning **Hoofdstuk 3**

Maatregelen bodem **Hoofdstuk 4**

Maatregelen spoor of treinen **Hoofdstuk 5**

Meer informatie is te vinden in **Deel 2***

1.3 WIE HEEFT DE BROCHURE GEMAAKT?

Het bedrijf We-Boost heeft de brochure gemaakt in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. De brochure bevat de kennis die begin 2023 beschikbaar is. De brochure is een levend document: als de komende jaren meer bekend wordt over oplossingen voor spoortrillingen in bestaande gebouwen, wordt de brochure bijgewerkt.

1.4 WAT DOEN PRORAIL EN DE OVERHEID OP DIT MOMENT VERDER OM TRILLINGSHINDER TEGEN TE GAAN?

Op dit moment wordt er onderzoek gedaan naar oplossingen die trillingen verminderen. Het ontstaan van trillingen is complex en het effect van oplossingen is vooraf moeilijk in te schatten. De samenstelling van de bodem, het soort trein, de belading ervan, het spoor zelf en het type woning spelen allemaal een rol. ProRail voert, in opdracht van het ministerie, onderzoek en praktijkproeven uit om meer inzicht te krijgen.



***QR CODE
NAAR DEEL 2**

Scan deze code met je telefoon/ tablet of **klik hier** om naar deel 2 te gaan.

2. WAT IS ER AAN DE HAND – LAAGDREMPelige MAATREGELEN

2.1 ALS ER IETS RAMMELT



Trillingen zijn bewegingen door de bodem en in een gebouw. Trillingen kunnen er dus voor zorgen dat dingen gaan rammelen. De meest gehoorde klachten gaan over deuren, ramen, serviesgoed en monitors.

2.1.1 Rammelende deuren of ramen

Meestal is er sprake van oude, dunne of loszittende deuren en ramen, waardoor deze makkelijk in beweging worden gebracht. Het kan helpen om de kozijnen of de scharnieren te vernieuwen of nieuwe isolatie tussen het kozijn en het raam of de deur aan te brengen (zodat er minder speling is).

2.1.2 Rammelend serviesgoed of spullen op een plank

Vaak is de manier waarop de plank aan de muur is bevestigd, of de plank zelf, relatief slap en daardoor gevoelig voor de trillingen. De trillingen van de treinen vallen samen met de eigenfrequentie van de plank. Door kleine aanpassingen is dit rammelen te voorkomen. Soms helpt het al om dingen op een iets andere plek neer te zetten, de plank op meer punten vast te maken of beter aan de muur vast te maken (ander bevestigingsmechanisme) of een dikkere plank te gebruiken.

2.1.3 Rammelend TV-scherm of monitor

De combinatie van een relatief slappe ophangbeugel en een zwaar scherm zorgt ervoor dat dit gevoelig is voor de trillingen van treinen. Vaak zorgt een steviger ophangstelsel of een monitor die op meer punten vastzit aan de muur voor minder trillingen. Door de stevigere constructie zal het scherm niet meer rammelen.

2.2 ALS DE TRILLINGEN VOELBAAR ZIJN



Naast hoorbare gevolgen (zoals in de vorige paragraaf) kunnen trillingen ook voelbaar zijn. Vooral als mensen in rust zijn, kunnen ze trillingen als hinderlijk ervaren.

2.2.1 Tijdens slapen

Tijdens slapen zijn mensen gevoeliger voor trillingen. In de richtlijn die bij nieuwbouwwoningen langs het spoor wordt gebruikt om trillingen te beoordelen, worden trillingen in de nacht dan ook strenger getoetst dan overdag.

Oplossingen zijn lastig, maar soms helpt het om het bed te verplaatsen. Vaak zijn de trillingen lager aan randen van de kamer, en hoger in het midden van de kamer, zeker in oudere gebouwen met houten vloeren.

2.2.2 Tijdens beeldschermactiviteiten (werken, TV-kijken)

De combinatie van een relatief slappe ophangbeugel en een zwaar scherm zorgt ervoor dat dit gevoelig is voor de trillingen van treinen. Vaak zorgt een steviger ophangstelsel of een monitor die op meer punten vastzit aan de muur voor minder trillingen. Door de stevigere constructie zal het scherm niet meer rammelen.

2.2.3 De hele dag door

Als de trillingen de hele dag door voelbaar zijn, is dit vaak een teken dat er sprake is van relatief hoge trillingen, op meerdere plekken in het gebouw. Er zijn dan geen eenvoudige oplossingen die snel voor minder hinder zorgen.

De voor bewoners meest laagdrempelige mogelijkheid om de trillingen te verminderen, is het treffen van maatregelen in of aan het gebouw waarin de trillingen worden ervaren. Denk bij dit soort maatregelen aan het isoleren (vrijhouden) van het gebouw van de bodem, of het aanpassen van vloeren of wanden. Bij deze maatregelen geldt dat een maatregel die heel effectief is in de ene woning, in de andere woning helemaal geen vermindering van de trillingen geeft of de trillingen zelfs kan versterken. Bovendien zijn maatregelen aan woningen vaak erg kostbaar.



3. MAATREGELN AAN WONINGEN

3.1 WAAR MOET JE OP LETTEN?

Aandachtspunten die we vooraf meegeven en die eigenlijk voor alle maatregelen aan woningen gelden, zijn:

- **Effect:** het effect van een maatregel is vaak heel specifiek voor een bepaalde woning. Het is daarom belangrijk om eerst te weten waar de trillingen in de woning allemaal hoog zijn, bij welke trillingsfrequentie dat is en waar in de woning de trillingen vooral worden versterkt, voordat een maatregel wordt genomen. Het is verstandig om hiervoor een deskundige in te schakelen, of zelf aan de hand van Deel 2 van deze brochure nader onderzoek te doen. Tenslotte, uit internationaal onderzoek blijkt dat veel mensen het effect van een maatregel pas waarnemen als de trillingen door de maatregel met meer dan 30 procent afnemen. Maatregelen die zorgen voor 10 of 20 procent lagere trillingen, hebben dus geen merkbaar effect.
- **Woongenot en ruimtebeslag:** sommige maatregelen nemen veel plaats in in de woning, zorgen ervoor dat het aanzicht van de woning radicaal verandert of dat kamers minder goed bruikbaar zijn. Voor monumentale panden gelden bovendien strenge beperkingen.
- **Vergunningen:** voor ingrijpende wijzigingen aan de woning is vaak een vergunning nodig, aan te vragen bij de gemeente. Zeker als het gaat om aanpassingen aan de buitenkant van een gebouw.
- **Constructie:** sommige maatregelen zorgen voor veel extra gewicht op de muren, vloeren of

fundering. Het is belangrijk dat een constructeur vooraf de risico's in kaart brengt en toetst of de constructie de aanpassingen aan kan.

- **Keuze aannemer:** sommige maatregelen zijn technisch complex of ingewikkeld. Het advies is daarom om met gespecialiseerde aannemers in zee te gaan. Omdat maatregelen tegen trillingen weinig worden getroffen, is het verstandig om in samenspraak met een adviseur een goede aannemer te kiezen.
- **Bouwhinder:** veel maatregelen duren weken of maanden om te bouwen, en meestal kan in die periode niet in de woning worden gewoond. Ook voor de omgeving (buren) kan er sprake zijn van hinder door de inzet van (grote) machines of overlast van geluid of trillingen.

3.2 WAT KAN ER ALLEMAAL?

Hierna zijn informatiekaarten opgenomen van de verschillende maatregelen die bij een woning mogelijk zijn. Per type maatregel is een korte omschrijving gegeven, een plaatje, een indicatie van het effect van de maatregel op de trillingen, de kosten (prijsspeil 2022, inclusief BTW), de doorlooptijd (hoe lang het duurt om de maatregel te maken) en zijn eventueel eerdere ervaringen beschreven. Meer informatie over de maatregelen is te vinden in Deel 2 van deze brochure.



***QR CODE
NAAR DEEL 2**

Scan deze code met je telefoon/ tablet of **klik hier** om naar deel 2 te gaan.



Raadpleeg altijd een deskundige voordat je een dergelijke maatregel treft

MOGELIJKE MAATREGELEN GEBOUW

In de hierna volgende 'menukaarten' is een omschrijving van de maatregelen opgenomen.

We gaan in op:

☀ Effect op trillingen € Kosten ⌚ Doorlooptijd

Merkbaar minder trillingen, relatief beperkte kosten en doorlooptijd van weken

Nauwelijks merkbaar minder trillingen, relatief hoge kosten en doorlooptijd van maanden

Niet (merkbaar) minder trillingen, zeer hoge kosten en doorlooptijd van jaren.

FUNDERING AFSCHERMEN OF INPAKKEN

Maatregel: Door de fundering van een gebouw in te pakken met een dikke laag isolatiemateriaal (50 cm piepschuim of 10 cm rubber) of af te screenen met een betonnen L-wand en een opening (luchtspouw) wordt voorkomen dat de trillingen het gebouw ingaan.

Eerdere ervaringen: Vooral tegen trillingen van wegverkeer (Rotterdam, Roermond), in het buitenland ook tegen spoorverkeer (vooral nieuwbouw, in Duitsland).

☀ Tot 40%

€ 10.000 tot 60.000

⌚ Weken



FUNDERING VERZWARREN OF ONDERHEIEN

Maatregel: De fundering van een gebouw kan worden verzwakt door het aanbrengen van een dikke betonplaat onder het huis of door het aanbrengen van heipalen of grout- of gelinjectie van buitenaf.

Eerdere ervaringen: Alleen om fundering te herstellen, niet om trillingen te verminderen.

☀ Tot 15%

€ 30.000 tot 150.000

⌚ Maanden



FUNDERING AFVEREN

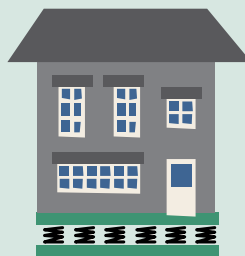
Maatregel: Bij deze maatregel worden stalen veren of rubberen blokken aangebracht tussen de fundering. Deze maatregel is lastig te realiseren en riskant bij bestaande gebouwen.

Eerdere ervaringen: Niet eerder toegepast bij bestaande woningen, wel bij nieuwbouw van woningen dichtbij het spoor (zoals in Amsterdam, Amersfoort, Breda). Bij Tivoli (Utrecht) toegepast tegen laagfrequent muziekgeluid.

☀ Tot 90%

€ 80.000 tot 200.000

⌚ Maanden



VLOEREN VERSTEVENIGEN

Maatregel: Vooral houten vloeren kunnen gevoelig zijn voor trillingen. Door extra, dikkere vloerbalken aan te brengen of de houten vloer te vervangen door een betonvloer, kunnen de trillingen afnemen.

Eerdere ervaringen: Diverse woningen langs de Betuweroute.

☀ Tot 60%

€ 20.000 tot 80.000

⌚ Weken



VLOEREN AFVEREN

Maatregel: Door een isolerende laag aan te brengen op de bestaande vloer, worden de trillingen vermindert. Alleen toepasbaar bij betonnen vloeren, houten vloeren zijn niet stijf genoeg. De constructie bestaat uit een verende laag van rubberen blokken met daarop een nieuwe vloer.

Eerdere ervaringen: Diverse woningen in Nijverdal, tegen zowel trillingen als laagfrequent geluid.

☀ Tot 50%

€ 20.000 tot 80.000

⌚ Weken



GEBOUW VERBREDEN

Maatregel: Als de lengte of breedte van het gebouw samenvalt met de lengte van de trillingsgolven in de bodem, kan het gebouw draaien of kantelen. Door een aanbouw te plaatsen of zijwanden tegen de woning te plaatsen, neemt de breedte van de woning toe en kunnen de trillingen afnemen.

Eerdere ervaringen: Een woning langs de Betuweroute.

☀ Tot 40%

€ 30.000 tot 100.000

🕒 Weken



LOKAAL VERSTEVIGEN

Maatregel: In veel woningen zijn de trillingen op sommige punten van de woning sterker, doordat de constructie daar slap is. Dit komt vaak voor bij lichte bouw (zoals houtskeletbouw) of als er een uitbouw is gemaakt. Door de constructie stijver te maken, nemen de trillingen af.

Eerdere ervaringen: Diverse woningen langs de Betuweroute.

☀ Tot 50%

€ 20.000 tot 120.000

🕒 Maanden



WANDEN VERSTEVIGEN

Maatregel: In woningen met houtskeletbouw, of oude woningen met dunne metselwerk wanden, is de constructie van de wanden vaak zo slap dat dit tot sterkere trillingen leidt op hogere verdiepingen. De wanden kunnen worden verstevigd door het aanbrengen van een extra gebouwschil die natuurlijk goed moet zijn gefundeerd en verbonden moet zijn met de rest van het gebouw. Deze maatregel is risicovol. Er is kans op verzakkingsschade aan de bestaande constructie.

Eerdere ervaringen: Onbekend.

☀ Tot 20%

€ 30.000 tot 70.000

🕒 Maanden



DEMPER AANBRENGEN

Maatregel: Bij deze maatregel wordt er een los, verend gewicht in het gebouw aangebracht, dat door een tegengestelde beweging de trillingen van het gebouw dempt. In de praktijk is de maatregel niet effectief tegen treintrillingen.

Eerdere ervaringen: Niet tegen trillingen van treinverkeer, in het buitenland wel tegen trillingen in hoge gebouwen als gevolg van aardbevingen.

☀ Tot 10%

€ 30.000 tot 70.000

🕒 Weken



Verbouwen en hinder voorkomen?

Een verbouwing heeft invloed op het trillingsgedrag van de woning. Door het weghalen van bijvoorbeeld een dragende muur, kunnen de trillingen in de woning sterker worden. In veel woningen waar hoge trillingen worden ervaren, is de oorspronkelijke constructie aangepast waardoor de stijfheid van de woning is afgenomen. Daardoor is de woning gevoeliger geworden voor trillingen. Daarom een paar tips bij verbouwingen van woningen dichtbij het spoor:

- Wees alert bij het gebruiken van stalen balken in de constructie. Staal heeft weinig demping, en vaak is de eigenfrequentie van de stalen balken zo laag dat de trillingen van treinen hierdoor worden versterkt. Vraag de constructeur om de balken zo te ontwerpen dat de eigenfrequentie van de balken niet samenvalt met de frequenties waarbij de treinen veel trillingsenergie hebben. De ervaring leert dat stalen balken zwaarder moeten worden uitgevoerd (dikker of zwaarder type) dan wat vanuit de constructieve eisen nodig is.
- Wees alert bij het toepassen van houten vloeren. Ook hier adviseren we om de constructeur de eigenfrequentie van de vloer te laten toetsen, om te voorkomen dat die samenvalt met de frequenties waarin de treinen veel trillingsenergie hebben. Houten vloeren kunnen relatief eenvoudig steviger worden gemaakt door gebruik te maken van hogere balken of dubbele balken.

4. MAATREGELEN IN DE BODEM

Naast maatregelen aan gebouwen, kunnen de trillingen ook worden verminderd door een maatregel te nemen in de bodem tussen het spoor en de woningen waar overlast wordt ervaren. Een mogelijkheid is dan om een trillingsscherm of sloot in de bodem aan te brengen. Eigenlijk werkt zo'n trillingsscherm net zo als een geluidsscherm: de trillingen worden tegengehouden en dieper de bodem in weerkaatst, waar ze uitdoven. Het is daarbij wel belangrijk dat het trillingsscherm óf veel lichter is dan de grond, óf juist veel stijver. Anders heeft een scherm geen effect en gaan de trillingen er gewoon doorheen. Verder geldt dat de dikte en de lengte van het scherm veel invloed hebben op hoeveel trillingen worden doorgelaten. Bij een minder diep scherm gaat een deel van de trillingen er onderdoor, bij een dun of slap scherm gaat een deel van de trillingen er doorheen. Zeker voor trillingen van goederentreinen is vaak een diep en dik scherm nodig. En ook dan nog wordt een deel van de trillingen doorgelaten. Een trillingsscherm houdt daarom nooit alle trillingen tegen.

4.1 WAAR MOET JE OP LETTEN?

Bij het maken van een trillingsscherm komt veel om de hoek kijken. Voorbeelden van zaken waar rekening mee moet worden gehouden zijn:

- **Effect:** het effect van een trillingsscherm is vaak heel specifiek voor een bepaald type bodem. Het is daarom belangrijk om eerst te weten bij welke frequenties de trillingen hoog zijn, maar ook hoe de bodem is opgebouwd. Dat bepaalt wat voor trillingsscherm werkt, en wat niet.

Het is verstandig om hiervoor een deskundige in te schakelen, of zelf aan de hand van Deel 2 van deze brochure nader onderzoek te doen.

- **Locatie:** een trillingsscherm heeft vooral veel effect dichtbij de trillingsbron (het spoor) of dichtbij de ontvanger van de trillingen (het gebouw). Een trillingsscherm midden tussen bron en ontvanger heeft vaak een grote diepte nodig, en is daardoor duurder.
- **Vergunningen:** meestal is een vergunningsprocedure nodig om een trillingsscherm te mogen plaatsen, ook als dat op eigen grond is. Dat komt vooral door de grote diepte van zo'n scherm (meerdere meters). Als binnen 11 meter van het spoor (gemeten vanaf het midden van het buitenste spoor) een trillingsscherm wordt gebouwd, is ook een vergunning van ProRail nodig.
- **Ruimtebeslag:** omdat het trillingsscherm tot aan het maaiveld moet doorlopen en vaak een grote dikte heeft (meer dan een halve meter), neemt het scherm ook ruimte in. De ruimte op maaiveld is niet zomaar voor andere doeleinden bruikbaar. Denk hierbij aan een dik betonnen scherm in een plantsoen, dat daardoor niet meer als groene ruimte kan fungeren. De bruikbaarheid van de openbare ruimte neemt daardoor af.
- **Beperkte aanpasbaarheid:** trillingsmaatregelen in de bodem zijn vaak niet toekomstbestendig: een aanpassing van het spoor kan ervoor zorgen dat het scherm niet meer goed werkt. De meeste types trillingsschermen kunnen niet of nauwelijks worden aangepast.

- **Bouwschade:** omdat een trillingsscherm vaak erg diep is, is vaak zwaar materieel nodig om het aan te brengen. Daardoor wordt de omgeving rond het scherm door die zware machines kapot gemaakt en moet dat achteraf worden hersteld. Soms ontstaan tijdens het aanbrengen van het trillingsscherm ook trillingen die schade aan gebouwen in de omgeving kunnen veroorzaken.
- **Bouwhinder:** door de inzet van zwaar en groot materieel, de aanvoer van veel materiaal en doordat vaak veel ruimte nodig is voor alle materieel, zorgt de aanleg van een trillingsscherm vaak voor veel overlast (geluid, stof, trillingen) in de omgeving.

4.2 WAT KAN ER ALLEMAAL?

Hierna zijn informatiekaarten opgenomen van de verschillende maatregelen die in de bodem mogelijk zijn. Per type maatregel is een korte omschrijving gegeven, een plaatje, een indicatie van het effect van de maatregel op de trillingen, de kosten (prijspeil 2022, inclusief BTW), de doorlooptijd (hoe lang het duurt om de maatregel te maken) en zijn eventueel eerdere ervaringen beschreven. Meer informatie over de maatregelen is te vinden in Deel 2 van deze brochure.






***QR CODE
NAAR DEEL 2**

Scan deze code met je telefoon/ tablet of **klik hier** om naar deel 2 te gaan.

Raadpleeg altijd een deskundige voordat je een dergelijke maatregel treft

MOGELIJKE MAATREGELEN BODEM

In de hierna volgende 'menukaarten' is een omschrijving van de maatregelen opgenomen.

We gaan in op:  Effect op trillingen
 Kosten  Doorlooptijd

Merkbaar minder trillingen, relatief beperkte kosten en doorlooptijd van weken

Nauwelijks merkbaar minder trillingen, relatief hoge kosten en doorlooptijd van maanden

Niet (merkbaar) minder trillingen, zeer hoge kosten en doorlooptijd van jaren.

DIEPE SPOORSLOOT

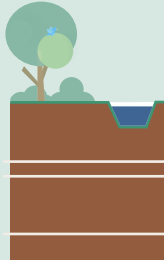
Maatregel: Een spoor sloot naast het spoor zorgt ervoor dat de trillingen worden afgeschermd, en dieper de bodem ingaan. Een spoor sloot is effectiever bij een grotere diepte.

Eerdere ervaringen: Spoor sloten komen veelvuldig voor, maar niet om trillingen te verminderen. In Nuenen is wel een spoor sloot opnieuw aangebracht om de trillingen te verminderen.

 Tot 50%

 500 tot 1500

 Maanden



TRILLINGSSCHERM BETON OF JET-GROUT

Maatregel: Een trillingsscherm is een stijf scherm in de bodem dat de trillingen tegenhoudt. Voor voldoende effect is vaak een dikte van minimaal 50 centimeter nodig. De diepte is afhankelijk van de bodem en de frequenties van de trillingen, maar soms is wel 20 meter diepte nodig.

Eerdere ervaringen: Betonnen trillingsschermen in Utrecht en Arnhem, en trillingsschermen van jet-grout (mengsel van cement, water en grond) in Utrecht en Tricht. Ook bij nieuwe woningen langs het spoor toegepast (Utrecht).

 Tot 40%

 7.000 tot 30.000

 Jaren



TRILLINGSSCHERM PIEPSCHUIM (EPS)

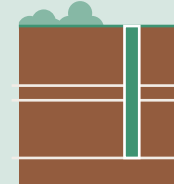
Maatregel: Piepschuim is een licht materiaal dat vaak als trillingsscherm is ingezet. Om effectief te zijn is een dik scherm nodig (minimaal 50 centimeter, soms zelfs 1 meter of nog dikker). Het werkt vooral tegen trillingen van reizigerstreinen.

Eerdere ervaringen: Vooral tegen trillingen van wegverkeer (Rotterdam, Eindhoven en Oudewater). Uit proef in Oisterwijk blijkt dat dunne platen geen effect hebben tegen trillingen van treinen.

 Tot 30%

 1500 tot 5.000

 Maanden



TRILLINGSSCHERM DAMWAND

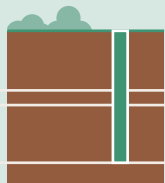
Maatregel: Een damwand wordt vaak gebruikt om bouwkuipen (voor bijvoorbeeld parkeergarages) of beschoeiingen (langs grote vaarwegen) te maken. Maar ze zijn ook inzetbaar als trillingsscherm.

Eerdere ervaringen: In het buitenland (bijvoorbeeld Zweden) wel tegen trillingen, in Nederland nog niet.

 Tot 20%

 3.000 tot 15.000

 Maanden



TRILLINGSSCHERM VAN 2 MATERIALEN (HARD EN ZACHT)

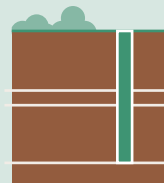
Maatregel: Door een trillingsscherm uit meer materialen te maken, wordt het effect van het scherm op de trillingen groter. Dat komt doordat elke keer als een trilling een slapper of stijver materiaal tegenkomt, een deel van de trillingen wordt teruggekaatst

Eerdere ervaringen: In Arnhem (beton en rubber) en Utrecht (damwand en piepschuim) aangebracht door ProRail.

 Tot 80%

 12.000 tot 35.000

 Jaren




TRILLINGSSCHERM L-WAND

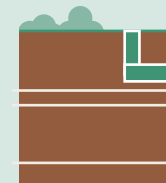
Maatregel: Prefab L-wanden (keerwanden) van beton kunnen ook als trillingsscherm fungeren. De diepte van het scherm is vaak wel beperkt, waardoor de maatregel vooral effect heeft tegen de trillingen van reizigerstreinen. Ook te combineren met een sloot voor meer effect.

Eerdere ervaringen: Tegen trillingen van wegverkeer (Roermond), maar ook tegen trillingen van reizigerstreinen bij nieuwe woningen langs het spoor, vaak in combinatie met een spoor sloot.

 Tot 30%

 1.000 tot 3.000

 Maanden



TRILLINGSSCHERM OPEN SLEUF

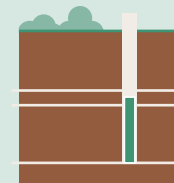
Maatregel: Bij deze maatregel wordt de bodem onderbroken door een sleuf, met aan beide kanten materiaal dat instorten van de sleuf voorkomt. Dat kunnen prefab L-wanden zijn, damwanden of betonnen trillingsschermen.

Eerdere ervaringen: Onbekend.

 Tot 40%

 2.000 tot 20.000

 Jaren



5. MAATREGELEN AAN HET SPOOR OF DE TREINEN

Maatregelen aan het spoor of de treinen worden niet beschreven in deze brochure. Dat doen we omdat deze maatregelen alleen door ProRail of de vervoerder kunnen worden getroffen. Als bewoner langs het spoor is er weinig invloed uit te oefenen op het treffen van zo'n maatregel. Verder is het zo dat voor trillingshinder van passerende treinen geen wet- en regelgeving bestaat. ProRail kan daarom ook niet zomaar maatregelen treffen, en heeft daar ook geen geld voor.

Wel is het altijd mogelijk om een vraag of klacht in te dienen over trillingshinder bij de Publieksvoorlichting van ProRail. En in sommige situaties kan ProRail de hinder wél verminderen. Bijvoorbeeld als er onderhoud aan het spoor nodig is. In dat geval kan ProRail samen met de onderhoudsaannemer ter plekke onderzoek doen naar de oorzaak van de klacht. Als er iets mis is met de spoorligging, een wissel of elektrische scheidingslas (ES-las) in het spoor, dan kan de aannemer dit oplossen. Meestal neemt de hinder dan af. Tegen hinder door specifieke treinen kan veel minder gedaan worden zolang vervoerders zich houden aan de wettelijke gebruiksregels van het spoor. Wel zijn het ministerie van IenW en ProRail met vervoerders in gesprek om hen te stimuleren om rekening te houden met eventuele trillingshinder door de treinen die zij gebruiken.

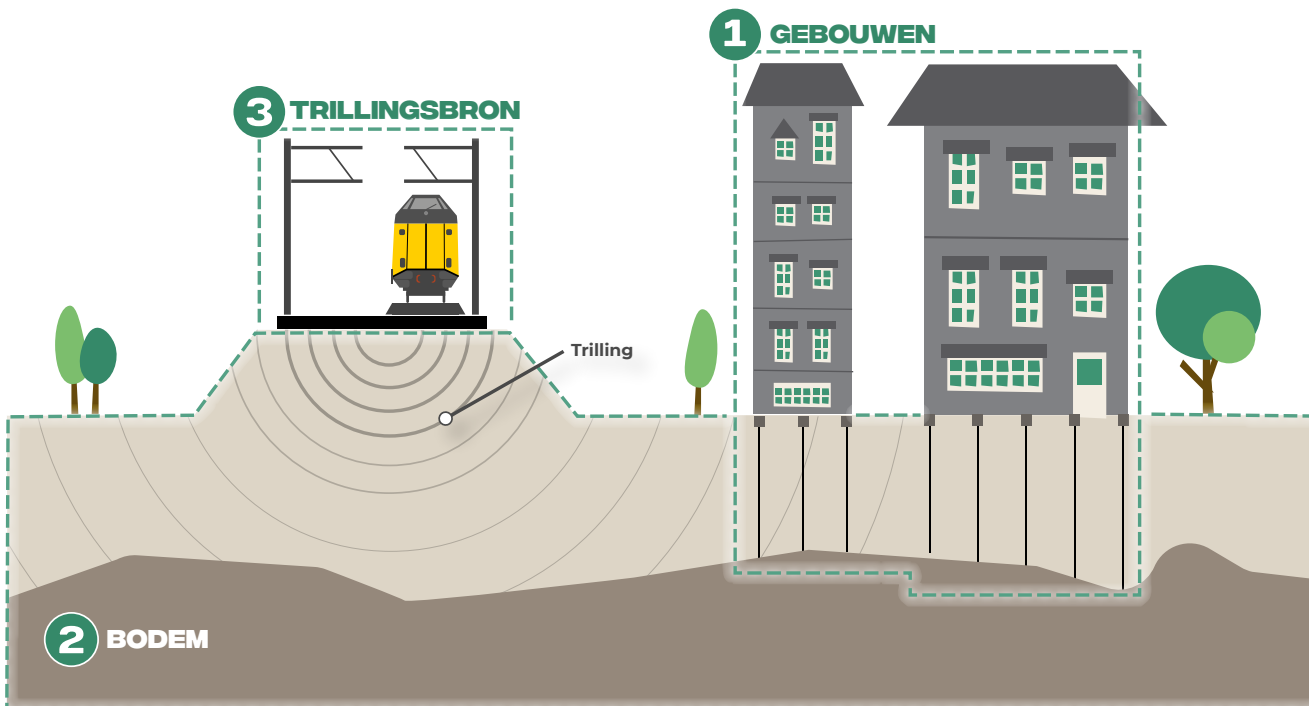


Trilling

Een trilling is een heen- en weergaande beweging. Alles wat beweegt, veroorzaakt trillingen: het lopen van mensen, het rijden van auto's, en dus ook het rijden van treinen. De trillingen ontstaan door de beweging van de trein tijdens het rijden over de rails. De trein veroorzaakt trillingen omdat de wielen van de trein niet helemaal rond zijn en het spoor niet helemaal vlak. Het gewicht van de trein drukt de rails namelijk een beetje naar beneden. Deze trillingen worden door de bodem doorgegeven naar de fundering van een woning, en in de woning via wanden en vloeren doorgegeven naar de persoon die de trillingen voelt.

De sterkte van de trillingen hangt vooral af van de grootte van de oneffenheden, het gewicht van de trein (is de trein leeg of vol, het type trein lengte van de trein, type wielen, wat voor soort schokdempers heeft de trein), de snelheid van de trein, de bodem (een slappe veenbodem of juist een steviger zandbodem) en de eigenschappen van het gebouw waarin de trillingen worden ervaren.

Bij trillingen spreken we meestal over een bron (de treinen op het spoor), een doorgeefmedium (de bodem, waarin de trillingen worden doorgegeven van de bron naar een gebouw) en een ontvanger (het gebouw waarin de trillingen worden ervaren).



Trillingshinder

Trillingshinder is de beleving van de trillingen. We maken bewust onderscheid tussen trillingen en trillingshinder, omdat de ene persoon veel gevoeliger is voor trillingen dan de ander. Trillingshinder kan op verschillende manieren worden ervaren:

- *Als voelbare trillingen:* mensen voelen dat de vloer beweegt als er een trein passeert, of worden wakker van de trillingen doordat hun bed heen en weer gaat.
- *Door geluid van rammelende voorwerpen:* de trillingen kunnen ervoor zorgen dat kopjes in kasten gaan rammelen of dat deuren of ramen gaan klapperen. Soms beweegt iets zonder dat het geluid maakt, denk aan bijvoorbeeld een TV-scherm dat trilt als er een trein passeert.

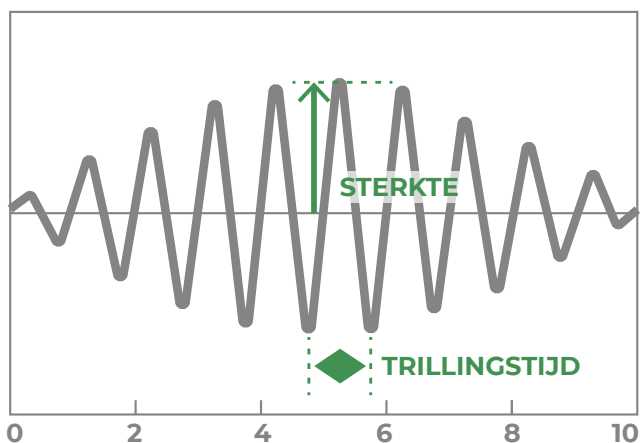


- *Door een bromtoon,* afkomstig van trillende wanden of vloeren: dit noemen we laagfrequent geluid. Deel 2 van deze brochure gaat hier dieper op in (zie QR-code).

Of een trilling of geluid als hinderlijk wordt ervaren, hangt niet alleen af van de sterkte van de trilling of het geluid, maar ook van persoonlijke factoren. Zo worden trillingen als hinderlijker ervaren als iemand in rust is (tijdens slapen of TV-kijken) dan wanneer iemand actief is (tijdens werken, koken of sporten), maar ook speelt het verwachtingspatroon een rol: iemand die denkt dat trillingen zijn woning kunnen beschadigen, vindt trillingen eerder hinderlijk dan iemand die daar niet bang voor is. Uit diverse onderzoeken blijkt ook dat andere factoren (zoals leeftijd, mentale toestand en woonomgeving) een rol spelen in hoe hinderlijk de trillingen worden ervaren.

Frequentie

Een trilling is een beweging die een aantal keer per seconde optreedt. Het aantal keer dat die trilling per seconde optreedt, noem je de trillingsfrequentie, die je uitdrukt in Hertz (Hz). Bij trillingshinder beoordelen we trillingen met frequenties tussen de 1 en 80 Hz, dus een trilling die 1 keer per seconde optreedt, tot een trilling die 80 keer per seconde optreedt. In de figuur hieronder is zo'n trilling weergegeven.



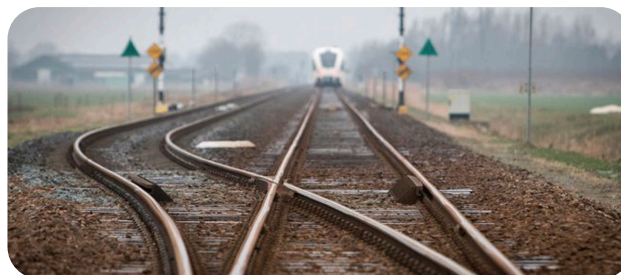
De trillingen van een trein treden op bij verschillende frequenties, waaronder ook tussen de 1 en 80 Hz, het voor mensen voelbare gebied. Deze trillingen worden door de bodem doorgegeven naar de fundering van een woning, en in de woning via wanden en vloeren doorgegeven naar de persoon die de trillingen voelt. En dat kan voor hinder zorgen.

Eigenfrequentie

Elk voorwerp heeft een trillingsfrequentie waarbij het uit zichzelf trilt als het met voldoende kracht wordt aangestoten, de zogenaamde eigenfrequentie. Het voorwerp komt makkelijk in trilling. bij die frequentie.

Wissel

Installatie in het spoor om te zorgen dat een trein van het ene naar het andere spoor kan rijden. Een wissel bevat een bewegend deel dat van plek kan verspringen, waarmee de trein van het ene naar het andere spoor wordt geleid.



ES-las

Verbinding tussen twee spoorstaven die er voor zorgt dat er geen stroom tussen de spoorstaven kan lopen. De ES-las (Elektrische Scheidingslas) zorgt er dus voor dat de ene spoorstaaf geïsoleerd is van de andere spoorstaaf. Het systeem wordt gebruikt om te detecteren of er een trein op een bepaald deel van het spoor rijdt. Het spoor is hiervoor opgebouwd uit secties (delen), die gescheiden zijn door ES-lassen. Op de ene spoorstaaf staat stroom, en als er een trein in een sectie rijdt, loopt er een stroom via de as van de trein naar de andere spoorstaaf. Hiermee worden de seinen aangestuurd.



Sein

Soort verkeerslicht voor treinen, dat machinisten instructies geeft over de te nemen acties: doorrijden, stoppen of met een bepaalde snelheid rijden. Onderdeel van het spoorbeveiligingssysteem, dat ervoor zorgt dat treinen op veilige afstand van elkaar blijven rijden. Bij seinen liggen ES-lassen, die gebruikt worden om te detecteren of ergens een trein rijdt.

Damwand

Gevormde metalen plaat, vaak gebruikt om hoogteverschillen te overbruggen of als beschoeiing langs het water.

Bodem

De bodem is de ondergrond waardoor de trillingen zich als golven verplaatsen. In de bodem doven de trillingen uit naarmate je verder van het spoor vandaan komt. De samenstelling van de bodem bepaalt voor een belangrijk deel of er sprake is van trillingshinder: op slappe bodems wordt de bodem meer ingedrukt en ontstaan vooral sterke trillingen bij lage trillingsfrequenties, op stijve bodems juist minder. Maar omdat bij een slappe bodem de trillingen veel sneller uitdoven, zien we dat de meeste hinder en klachten vaak op de stijvere bodems (zoals zand) voorkomen.



COLOFON

Opsteller	We-Boost
Versienr	1.0
Datum	15 maart 2023
Status	Definitief

Met medewerking en input van:

ProRail



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

**CAUBERG
HUYGEN**

en diverse bewonersgroepen



Meer informatie is te vinden in Deel 2:



Scan deze code met je telefoon/
tablet of **klik hier** om naar deel
2 te gaan.

© We-Boost 2023

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





Met medewerking van
CAUBERG HUYGEN