

Voortgangsrapportage 2024 – Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen

Dit document betreft de vierde voortgangsrapportage Innovatieagenda Bronaanpak Spoortrillingen (hierna: IBS). Deze voortgangsrapportage omvat de periode 1 januari tot en met 31 december 2024. Aangezien IBS medio 2025 eindigt, wordt bij verschillende onderdelen ook een doorkijk gegeven naar de periode van januari tot juli 2025. Wel loopt de ontwikkeling van het Spoor Trillingen Emissie Model (STEM) door tot medio 2026.

De voorliggende rapportage gaat in op de voortgang van het programma en de beheersaspecten: scope, financiën, kansen en risico's, planning en organisatie.

Algemeen

Vervoer per spoor is duurzaam en veilig en past in de transitie naar een klimaatneutrale samenleving. Voor een intensivering van het spoorvervoer van goederen en reizigers is een 'licence to grow' nodig: draagvlak in de omgeving om met name nachtelijk (goederen)verkeer door bewoond gebied acceptabel te maken.

Met de aankondiging van een beleidsintensivering op het terrein van spoortrillingen heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in april 2018 een belangrijke stap gezet om meer grip te krijgen op de beheersing van de overlast wegens spoortrillingen. De IBS is de invulling van ProRail op deze beleidsintensivering.

Doel van de IBS is om meer kennis op te bouwen over trillingen ten gevolge van spoorverkeer en om (beter) te kunnen voorspellen wat de trillingsniveaus zullen zijn. Daarnaast dient de IBS voor uitbreiding van de gereedschapskist met kostenefficiënte maatregelen om de trillingshinder rondom spoor en trein kunnen te verminderen.

De IBS kent daarbij 3 pijlers:

1. Kennisontwikkeling
2. Praktijkproeven
3. Communicatie en kennisdeling

Scope en baten - samenvatting

In 2024 is een aantal langlopende pilots afgerond. Daarnaast hebben we vier innovatieve infra-maatregelen kunnen testen. Samen met onze kennispartners is de tweede versie van STEM getest. En de TU Delft heeft een groot aantal trillingsmetingen uitgevoerd in Oisterwijk en Boxtel.

Vanuit het ministerie is 20 miljoen euro (incl. BTW) gereserveerd ten behoeve van de Innovatieagenda. Van dit budget was eerder € 15,9 miljoen in drie subsidiebeschikkingen aan ProRail beschikbaar gesteld. In 2024 was er na indexatie van de oorspronkelijke reservering van 20 miljoen euro nog € 5,2 miljoen budget te beschikken. Bij beschikking van 27 september 2024 (kenmerk IENW/BSK-2024/272662) heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat het resterende budget beschikbaar gesteld.

Hieronder komt de voortgang per onderdeel van de IBS aan bod.

Fundamenteel onderzoek

Pijler 1: Kennisontwikkeling

TU Delft, Deltares en TNO werken met ProRail samen aan fundamenteel onderzoek naar spoortrillingen. Hiermee ontwikkelen we een rekenmodel voor het ontstaan van spoortrillingen: het Spoor Trillingen Emissie Model (STEM). Dit model voorspelt in welke situaties spoortrillingen ontstaan, welke bronmaatregelen kunnen helpen tegen trillingshinder en in welke situaties bepaalde bronmaatregelen effectief zijn. Daarnaast kan ProRail met het model ook de oorzaak van klachten en problemen rond spoortrillingen achterhalen. STEM is open source, dat wil zeggen dat de broncode openbaar is en dat deze voor iedereen vrij beschikbaar is.

In december 2023 is de eerste versie van STEM getest en op 1 februari 2024 is de eerste release (V1.1) uitgebracht. Mede aan de hand van feedback van de testsessie is STEM in 2024 verbeterd. In december 2024 is de tweede versie van STEM getest door de gebruikersgroep die ook de eerste versie heeft getest. Op 20 januari 2025 is de tweede release (V1.2) van STEM uitgebracht. Deze vernieuwde versie bouwt voort op eerdere verbeteringen. Ook biedt deze nog meer functionaliteiten voor het simuleren en analyseren van trillingen veroorzaakt door rijdende treinen.

Vier PhD-kandidaten richten zich binnen het onderzoek op het ontstaan van trillingen. In 2023 zijn twee PhD's gestart. In juni 2024 en september 2024 zijn de andere twee PhD's gestart. De PhD onderzoeken duren elk vier jaar. Dit betekent dat ook na afloop van de IBS en het project voor de ontwikkeling van STEM er nog waardevolle toevoegingen komen die het model verder kunnen verbeteren.

In oktober 2024 zijn er op twee onderzoekslocaties (Oisterwijk en Boxtel) uitgebreide metingen uitgevoerd om inzicht te krijgen in het ontstaan van spoortrillingen en de overdracht in de grond tussen trillingsbron (het spoor) en ontvanger (de woning). De verkregen informatie wordt in 2025 geanalyseerd ten behoeve van kennisontwikkeling. Daarnaast wordt de meetdata gebruikt voor de verdere ontwikkeling van STEM.

Naast het fundamenteel onderzoek worden praktijkproeven uitgevoerd aan infrastructuur en materieel, waarbij wordt gekeken naar onderhoud en innovatieve maatregelen. Hieronder worden ze besproken.

Praktijkproeven

Pijler 2a: Onderhoud infrastructuur

Doel van de pilots Onderhoud infrastructuur is het inzichtelijk maken van het trillingseffect van onderhoud aan specifieke objecten die mogelijk hinder geven. Dit wordt gedaan door trillingsmetingen en analyses te laten uitvoeren, zowel voor als na verschillende typen spooronderhoud.

In 2024 is de praktijkproef Onderhoud infrastructuur - onderhoud hotspots afgerond. In deze praktijkproef zijn verschillende aspecten van het reguliere onderhoud onderzocht, zoals slijpen van ES-lassen en onderstoppen. Het onderzoek is uitgevoerd bij acht hotspotlocaties op de Brabanthroute. En bij twee locaties op het traject Gouda – Leiden. We onderscheiden onderhoud aan specifieke spooronderdelen (onder meer ES-lassen en betonnen kunstwerken), de spoorligging en blinde vering (extra vering die kan optreden door ruimte onder de dwarsligger). De conclusie is dat het effect van regulier spooronderhoud beperkt tot verwaarloosbaar is.

Eind 2024 is gestart met de tweede praktijkproef binnen Onderhoud infrastructuur. In de tweede praktijkproef wordt onder meer op zeven locaties in Utrecht 'extra' c.q. specifiek onderhoud uitgevoerd, waarbij specifieke instructies gegeven worden waarmee mogelijk spoortrillingen verminderd kunnen worden. Bijvoorbeeld door langer te onderstoppen of de inzet van een zogenoemde ballastafwerkmachine. De resultaten van dit onderzoek worden medio 2025 verwacht.

Pijler 2b: Onderhoud materieel

De praktijkproef naar de invloed van wielonrondheid en wielonderhoud is in 2022 gestart. Het doel van de proef is om:

- Meer inzicht te krijgen in welke mate spoortrillingen kunnen worden verminderd door het internationaal toepassen van nieuwe onderhoudsregels op wielen gebaseerd op nieuwe monitoringstechnieken;
- De invloed van ander wielonderhoud op kosten, beschikbaarheid en veiligheid van het spoorvervoer vast te stellen.

In 2024 is de monitoringsfase afgerond. Voor veel passages waar sprake is van verminderde wielkwaliteit zien we geen of beperkt effect op trillingen. Bij treinpassages die zorgen voor de hoogste trillingsniveaus - in de meeste gevallen zijn dit goederentreinen - is reductie van trillingen wel mogelijk door de wielkwaliteit te verbeteren.

Deze inzichten zijn een basis voor de volgende fase van de proef, waarin wordt onderzocht wat de bedrijfseconomische impact is van beter wielonderhoud c.q. of er een haalbaar en doelmatig onderhoudsregime kan worden bepaald.

Pijler 2c: Innovatie infrastructuur

In 2022 is ProRail een innovatiecompetitie gestart, waarbij marktpartijen zijn uitgenodigd om met oplossingen in de infrastructuur te komen die op een kostenefficiënte manier kunnen helpen trillingen te verminderen. Uit deze competitie zijn vijf ideeën gekozen die in 2024 in de praktijk getest zijn.

De vijf geselecteerde ideeën zijn:

- Modulaire Metabarrier. Dit is een ondiep, ondergronds scherm met instelbare elementen dat trillingen tegengaat. Het scherm wordt net naast het spoor geplaatst.
- Bio-Inspired Soil Improvement (kortweg: BISI). Bij dit idee wordt gebruik gemaakt van bacteriën die de bodem stijver maken. Daardoor worden minder trillingen doorgegeven.
- TAL (TrillingsArme Ligger), voorheen de TAS-las (TrillingsArme Scheidings-las). Beschadigde elektrische scheidingslassen vormen een potentiële bron van trillingen. Helaas heeft de nieuw ontworpen TAS-las zijn fabriekstest niet doorstaan. We hebben ervoor gekozen om de proef wel door te laten gaan maar enkel met de kunststof dubbele dwarsligger. Deze was al onderdeel van de TAS-las en wordt nu als losse innovatie getest, namelijk de TAL.
- Nastelbare ES-las. Ook dit is een mogelijke oplossing voor trillingen uit elektrische scheidingslassen. Met een sensor wordt de ligging van de las gemonitord. Als deze afwijkt, wordt de las 'nagesteld', zodat hij weer goed ligt.
- Raitube: Met buizen worden gaten in de grond gemaakt. Deze gaten zorgen voor het 'breken' en het meer verspreiden van trillingen, waardoor de overlast afneemt. De buizen zijn aan het eind van hun levensduur geheel biologisch afbreekbaar.

Voor alle vijf de ideeën is een praktijklocatie gevonden. De Raitube is getest in Westerbork. De Nastelbare ES-las is getest op twee locaties in Breda en één locatie in Tilburg.

De pilot met de TAL wordt in mei 2025 getest nabij Wezep. De BISI is getest ten noorden van Diepenveen. En de Modulaire Metabarrier is getest ten noorden van Prinsenbeek/Breda. Vier van de vijf pilots naderen de eindrapportage. De bevindingen over TAL wordt medio 2025 verwacht.

Op verzoek van de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat is onderzocht of een van de pilots in Oost-Nederland kon plaatsvinden. Dit was mogelijk voor de proef met BISI en de TAL. Daarnaast hebben we bij Wierden een pilot met ballastmatten uitgevoerd. De ballastmatten zijn in oktober 2024 aangebracht. In de eerste helft van 2025 wordt de rapportage verwacht met de bevindingen over het effect op trillingen van de ballastmatten. In beginsel was voorzien om de ballastmatten na de pilot te verwijderen. Er wordt inmiddels onderzocht of de ballastmatten kunnen blijven liggen na afronding van de IBS.

ProRail onderzoekt wat het effect van verstijven van ballast (met Durflex, een vorm van polyurethaan) geeft op trillingen. Durflex is een soort (pur-achtig) schuim dat tussen de ballast / de spoorstenen wordt gespoten en vervolgens uithardt. Vanwege risico's ten aanzien van (bodem)verontreiniging door microplastics en verminderde tot slechte recyclingmogelijkheden van de ballast wordt het effect van Durflex eerst door middel van een labtest onderzocht. De kaders voor deze labtest zijn in 2024 bepaald. De labtest zonder Durflex is in 2024 uitgevoerd. De labtest met Durflex wordt in het eerste kwartaal van 2025 uitgevoerd.

Als de resultaten van de labtest voldoende aanleiding geven, kan alsnog worden besloten om over te gaan tot een praktijktest in het spoor. Deze praktijktest kan pas worden uitgevoerd na het einde van de Innovatieagenda. Als de resultaten van de labtest geen significante verbetering ten aanzien van trillingen laten zien, wordt afgezien van nader onderzoek.

Tenslotte is nog een aantal lopende onderzoeken (geogrid, betonnen plaat, statische stijfheid) afgerond. Voor de andere nog lopende onderzoeken (wisselsanering, houten dwarsliggers, verkorte oplegafstand spoorstaven) wordt een afronding bereikt in de eerste helft van 2025.

Pijler 2d: Innovatie materieel

De Innovatieagenda onderzoekt de mogelijkheid om trillingen bij goederentreinen te reduceren door het Y25-draaistel aan te passen. In 2024 is hiervoor een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Uit het onderzoek volgt dat het haalbaar en zinvol is om een pilot aan te gaan met een aangepast Y25-draaistel, het Y25+-draaistel. De aanpassingen betreffen: het verlagen van de onafgeveerde massa en het toevoegen van een specifieke rubber ring in de draaikom van het draaistel.

De vervolgstap is het maken van een prototype van de rubber ring die voor de pilot nodig is. Gedurende 2024 is geconcludeerd dat het produceren van de noodzakelijke rubber ring meer uitdaging geeft dan voorheen verwacht vanwege de specifieke gevraagde stijfheid en beperkte dikte die deze ring mag hebben om te passen tussen draaistel en wagon.

Vooruitlopend op de productie van de rubber ring is met materieleigenaren gesproken over de mogelijkheid om een testtrein samen te stellen met 5 wagons met Y25 draaistellen, en 5 wagons met aangepaste Y25+-draaistellen. Dit lijkt nog steeds haalbaar, al zal de daadwerkelijke test op het spoor pas na afronding van de IBS plaatsvinden.

Daarnaast wordt op basis van reeds beschikbare data uit de pijler 2b onderzocht hoe groot de invloed van locomotieftype of treintype is op trillingen. Dit kan aanvullende inzichten geven of technische innovaties aan het materieel trillingen kunnen helpen verminderen. Deze informatie is ook relevant voor de ontwikkeling van STEM. Het treinmodel in STEM is nu nog een vereenvoudiging. Met specifieke materieelinformatie kan het treinmodel in STEM beter gemodelleerd worden.

Tenslotte is in 2024 gestart met een onderzoek, op basis van beschikbare data, naar de relatie tussen treineigenschappen, trillingsniveaus en hinderbeleving. De resultaten worden in de eerste helft van 2025 verwacht.

Pijler 3: Communicatie en kennisdeling

Communicatie over de IBS is gericht op het zichtbaar maken, toelichten en duiden van de ontwikkelingen, onderzoeken, proeven en maatregelen rond de bronaanpak van spoortrillingen enerzijds en het krijgen van draagvlak van stakeholders binnen en buiten de spoorsector anderzijds.

ProRail werkt met zo'n zestig partijen aan het doorgronden van spoortrillingen.

Via de website www.prorail.nl/programmas/innovatieagenda-bronaanpak-spoortrillingen en de social mediakanalen van ProRail zijn diverse berichten gepubliceerd. Ook in de media is de IBS terug te zien. Zo is aandacht gegeven aan het live gaan van STEM. En zijn berichten geplaatst over trillingsreducerende innovaties (Bio Inspired Soil Improvement, de Modulaire Metabarrier en de Nastelbare ES-las), over ballastmatten en over betonplaten.

Ten behoeve van kennisdeling zijn in 2024 diverse bijeenkomsten georganiseerd, waaronder twee externe kennismiddagen en een Railforumcongres.

Samen met de kennispartners TNO, Deltares en TU Delft zijn kennisuitwisselingsbijeenkomsten en "trillingsateliers" gehouden. In deze bijeenkomsten zijn trillingsvraagstukken en resultaten van proeven besproken.

Adviezen van de internationale klankbordgroep ten aanzien van de onderlinge samenhang van de programmaonderdelen is verwerkt en toegepast. Dit is onder meer gebeurd middels kennisateliers waar kennis is uitgewisseld tussen de STEM-partners (TNO, Deltares en TU Delft) en kennisdragers van de verschillende praktijkproeven.

Er wordt gewerkt aan een opleiding voor specialisten uit de branche om de opgedane kennis uit de IBS breed te verspreiden na afronding van het programma. Hiervoor wordt samengewerkt met Railcenter. Naar verwachting is deze opleiding eind 2025 gereed.

Vanaf het najaar van 2025 zal vanuit ProRail, en in overleg met ProRail ook vanuit samenwerkingspartners (bijvoorbeeld ingenieurbureaus), presentaties worden gegeven op verschillende branche-evenementen over diverse onderdelen van de IBS. Het gaat dan bijvoorbeeld over het GTL Congres en evenementen van Railforum, maar ook met organisatoren van internationale evenementen, zoals UIC, wordt overlegd.

Alle uitgevoerde trillingsmetingen hebben geleid tot een grote database met verzamelde data. Met inzet van ICT-collega's binnen ProRail is in 2024 gestart met het extern toegankelijk maken van deze database.

Voor de kennisdeling binnen de technische wereld (ingenieurbureaus, onderzoeksinstituten) is een kennisbibliotheek beschikbaar waarop alle definitieve rapportages beschikbaar zijn.

Planning – doorkijk 2025

De IBS is gestart in Q3 2021, met een looptijd van vier jaar tot Q3 2025. Voor STEM geldt een vastgestelde looptijd tot Q3 2026.

Afronding nog lopende proeven

In 2024 zijn de praktijkproeven met vijf innovatieve ideeën in gang gezet. Daarnaast is de pilot met (specifiek) infraonderhoud gestart. En omdat 2025 het laatste jaar van de IBS is, wordt er hard gewerkt aan het afronden van de andere nog lopende proeven.

Pilots ná 1 juli 2025

Er zijn drie pilots die mogelijk niet afgerond kunnen worden voor 1 juli 2025. In overleg met het ministerie van IEW als opdrachtgever is besloten deze projecten langer te laten doorlopen, passend binnen de beschikte subsidie. Het gaat dan om:

1. Testtrein met Y25+ Draaistel

Weliswaar zijn in 2024 stappen gezet om ook tot een pilot met materieelinnovatie (de testtrein met Y25+-draaistellen) te komen. Gedurende 2024 is geconcludeerd dat het produceren van de noodzakelijke rubber ring meer uitdaging geeft dan voorheen verwacht. Een test met dit "Y25+ draaistel" lijkt nog steeds haalbaar, al zal de daadwerkelijke test op het spoor pas na afronding van de IBS plaatsvinden.

2. Verstijven van ballast met Durflex

In het eerste kwartaal van 2024 wordt de labtest met Durflex uitgevoerd. Als uit deze labtest naar voren komt dat bij toepassing van Durflex grote effecten ten aanzien van trillingsreductie verwacht mogen worden, dan zal worden bezien of c.q. hoe een praktijkproef met Durflex alsnog plaats kan vinden.

3. TAL (TrillingsArme Ligger)

Het originele plan voor deze innovatie was voor een volledig herontworpen ES-las. Helaas heeft deze ES-las zijn fabriekstest niet doorstaan en was het niet haalbaar om binnen de looptijd van de IBS een aangepast ontwerp te maken en te testen. Daarom is besloten om een onderdeel van het originele plan te testen, namelijk de kunststof dubbele dwarsligger. Deze wordt in juni 2025 geïnstalleerd in het spoor en resultaten zijn eind 2025 beschikbaar.

Kennisdocument en Slotsymposium

Aangezien de IBS medio 2025 eindigt, wordt toegewerkt naar het samenvoegen van alle opgedane kennis in één kennisdocument. Dit kennisdocument zal gepresenteerd worden op het slotsymposium dat op 3 november 2025 zal plaatsvinden in het Spoorwegmuseum in Utrecht.

Europese samenwerking

ProRail neemt deel in het Europese researchprogramma Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU). In dit onderzoeksprogramma doen de Europese spoorwegondernemingen en -industrie onderzoek naar baanbrekende innovaties en vernieuwingen voor de railsector. Voor de IBS zijn de projecten relevant die ondergebracht zijn in het Rail4Earth-deel van het ERJU-programma.

Onderdeel van Rail4Earth zijn laboratoriumproeven met alternatieve ballaststenen (zogenoemde NeoBallast) op trillingsreducerende eigenschappen. ProRail laat via onderzoekspartners TNO en Deltares met STEM rekensimulaties naar het tijdgedrag van NeoBallast uitvoeren en verzamelt hiervoor de juiste invoerparameters. Het ERJU-programma kent een andere doorlooptijd dan de IBS. De duurtest met NeoBallast en de juiste modellering in STEM wordt pas in het najaar van 2025 en daarmee niet voor de afronding van de IBS verwacht.

Daarnaast vindt ook kennisuitwisseling plaats met andere Europese infrastructuur managers. Dit gebeurt onder meer in UIC verband. Maar ook specifiek met de SBB infrastructuur (de Zwitserse infrabeheerder), waar momenteel ook vergelijkbare trillingsonderzoeken plaatsvinden, vindt regelmatig intensieve kennisuitwisseling plaats. Dit geeft relevante inzichten, bijvoorbeeld of er in andere landen vergelijkbare conclusies getrokken worden over de effecten van maatregelen.

Financiën

Het gereserveerde budget in 2021 was € 20 mln. (incl. BTW). Dit bedrag is de afgelopen jaren geïndexeerd. Met indexatie is dit budget op 31 december 2024 € 22,8 mln. (incl. BTW).

In drie (eerdere) subsidiebeschikkingen was € 17,5 mln. (incl. BTW) ter beschikking gesteld aan ProRail. In de vierde subsidiebeschikking d.d. 27 september 2024 is het resterende budget (€ 5,3 mln. incl. BTW) ter beschikking gesteld.

Het budget is als volgt verdeeld over de verschillende programmaonderdelen:

Onderdeel	Beschikbare budget (incl. BTW) PP2024
1 - STEM	€ 6.930.667
2A: Praktijkproeven onderhoud infra	€ 1.896.744
2B: Praktijkproeven onderhoud materieel	€ 1.704.808
2C: Praktijkproeven inframeetregelen innovatie	€ 8.632.621
2D: Praktijkproeven materieel innovatie	€ 1.246.000
3. Communicatie en kennisdeling	€ 829.060
Projectmanagement	€ 1.414.908
Onvoorzien	€ 142.780
Totaal	€ 22.797.588

Tot en met 31 december 2024 is er € 19,2 mln. (incl. BTW) in gang gezet in contracten, daarvan is € 12,3 mln. (incl. BTW) betaald.

Van de nog openstaande contracten ter grootte van € 6,9 mln. geldt dat het grootste gedeelte - € 3,9 mln. (incl. BTW) – onderdeel is van een meerjarencontract ten behoeve van pijler 1 – STEM.

Een budget van € 3,7 mln. (incl. BTW) was op 31 december 2024 nog niet in specifieke contracten uitgezet.

In dit budget zitten drie reserveringen:

- € 0,8 mln. (incl. BTW) voor de praktijkproef Durflex;

- € 1 mln. (incl. BTW) voor het samenstellen en inzetten van een testtrein met het innovatieve Y25+-draaistel en verlaagde onafgeveerde massa;
- € 0,4 mln. (incl. BTW) voor het verwijderen van ballastmatten.

Tenslotte wordt rekening gehouden met nog noodzakelijk budget voor personele IBS-uren à € 0,8 mln.

Kansen en risico's

Ten opzichte van de vorige rapportage zijn de kansen en risico's gewijzigd. Dit komt door de fase waar het IBS-programma op dit moment is aanbeland. In de voortgangsrapportage van 2023 waren risico's opgenomen ten aanzien van Marktcapaciteit (zijn er voldoende partijen voor de pilots) en beschikbaarheid van Trein Vrije Periodes voor de uitvoering van pilots. Afgezien van de pilots die mogelijk nog plaatsvinden ná afronding van de IBS zijn Marktcapaciteit en Trein Vrije Periodes geen risico's meer ten behoeve van de afronding van de IBS.

Er wordt nu toegewerkt naar afronding van lopende onderzoeken en vastlegging/samenvatting in een kennisdocument.

- *Budget*

In deze voortgangsnotitie is benoemd dat er drie reserveringen zijn met betrekking tot het budget dat nog niet in een contract is belegd.

Het is onzeker of de praktijkproeven met Durflex en de testtrein met het innovatieve Y25+-draaistel kunnen plaatsvinden. Daarnaast bestaat de kans dat de ballastmatten niet verwijderd hoeven te worden. De reservering van 2,2 mln. (incl. BTW) voor deze activiteiten wordt mogelijk niet uitgegeven. Als dit risico zich voordoet gaat ProRail in gesprek met het ministerie om het geld op een andere manier, passend binnen de doelstellingen van de IBS, te besteden.

- *Behalen van de doelstelling*

De doelstelling van het programma is het ontwikkelen van kosteneffectieve bronmaatregelen om spoortrillingen te verminderen. Deze doelstelling is dichterbij gekomen. Dat betekent niet dat elke praktijkproef een succesvolle bronmaatregel op zal leveren of dat op alle locaties een specifieke maatregel altijd hetzelfde effect op spoortrillingen zal hebben.

- *STEM*

Nu de meeste praktijkproeven zijn afgerond kunnen we de verzamelde data en opgedane kennis ten goede laten komen van verdere verbetering van STEM. STEM biedt de mogelijkheid om specifieke spoor situaties te modelleren, de trillingen te voorspellen en vervolgens passende maatregelen te vinden die in die specifieke situatie tot minder hinder kunnen leiden. Het feit dat de einddatum van STEM halverwege 2026 ligt biedt daarnaast kansen om al meer informatie vanuit de verschillende PhD-onderzoeken op te nemen. Diezelfde PhD onderzoeken kunnen ook zorgen voor verdere verbetering van STEM na 2026.

- *Implementatieplannen*

Voor diverse onderdelen van de IBS worden halverwege 2025 implementatieplannen opgeleverd. De implementatie van kostenefficiënte maatregelen die getest zijn binnen het programma en als kansrijk worden gezien is geen onderdeel van het programma maar middels deze implementatieplannen willen we de weg naar implementatie zo helder en eenvoudig mogelijk maken.

Bijlage 1 - Opgeleverde producten

De volgende onderzoeken zijn in 2024 opgeleverd als onderdeel van de IBS:

- STEM-tool – versie 1.1
- Validatie Spoorligger (tool t.b.v. vaststellen kwaliteit spoor) – februari 2024
- Onderzoeksrapportage – Analyse onderstoppen op spoortrillingen – juni 2024
- Eindrapport Omgevingsgericht Beheer en Onderhoud – Invloed van onderhoud – november 2024
- Onderzoek effect betonplaat onder spoor op trillingen – juli 2024
- Geogrid Leeuwarden Akkrum – nulmeting en verschilmeting – oktober 2024
- Statische analyse meetresultaten – PSS – juni 2024
- Rapportage Statische stijfheidsmeting – juli 2024
- Y25+-draaistel – haalbaarheidsstudie – juli 2024
- Uniform meetprotocol – versie 3.0 – april 2024

Vorbereitung gereed	Vorbereitung gepland
Gereed	Gepland