

**ProRail**

## **Geluidmaatregelen HSL**

Van ProRail  
Auteur Chiel Roovers, Rob den Boer, Sijske Donkervoort-Karssen, Bas Oosthoek

Kenmerk P1216779  
Versie 2.2  
Datum 24-09-2015  
Bestand Geluidmaatregelen HSL versie 2.2.doc

Status definitief

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Raildempers</b>	<b>4</b>
2.1	Beschrijving maatregel	4
2.2	Uitvoeringsaspecten	4
2.3	Kostenkengetallen	5
<b>3</b>	<b>Geluidabsorberende bodemplaten</b>	<b>5</b>
3.1	Beschrijving maatregel	5
3.2	Uitvoeringsaspecten	6
3.3	Kostenkengetallen	7
<b>4</b>	<b>Transparante geluidreflecterende geluidschermen</b>	<b>8</b>
4.1	Beschrijving maatregel	8
4.2	Uitvoeringsaspecten	8
4.3	Kostenkengetallen	9
<b>5</b>	<b>Niet-transparante geluidabsorberende geluidschermen</b>	<b>9</b>
5.1	Beschrijving maatregel	9
5.2	Uitvoeringsaspecten	10
5.3	Kostenkengetallen	11
<b>6</b>	<b>Geluidabsorberende platen op de plint van geluidschermen</b>	<b>12</b>
6.1	Beschrijving maatregel	12
6.2	Uitvoeringsaspecten	12
6.3	Kostenkengetallen	12
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Bijlage</b>	<b>15</b>

## 1 Inleiding

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft ProRail onderzoek gedaan naar mogelijke aanvullende geluidmaatregelen op de HSL. Het betreft:

- het aanbrengen van raildempers aan de spoorstaven;
- het aanbrengen van geluidabsorberende platen op de bodem van de HSL;
- het plaatsen van aanvullende transparante geluidschermen;
- het plaatsen van aanvullende niet-transparante geluidschermen;
- het vervangen van de transparante geluidreflecterende panelen in de geluidschermen door dichte geluidabsorberende panelen;
- het aanbrengen van geluidabsorberende platen op de plint van de geluidschermen.

De selectie van deze maatregelen is gebaseerd op de inventariserende studie van Lloyd's Register Rail Europe en M+P [1] en is nader uitgewerkt door M+P [2]. Geluidschermen zijn in de praktijk al toegepast langs de HSL. De toepassing van raildempers en geluidabsorberende platen is in 2013 middels een pilot op de HSL beproefd.

In het onderhavige rapport worden de relevante uitvoeringsaspecten van deze maatregelen besproken. Tevens worden kostenkengetallen voor deze maatregelen gegeven zoals ProRail deze heeft afgeleid van de beschikbare informatie. Het onderhavige rapport is mede tot stand gekomen op basis van informatie van Infrasppeed die tijdens de pilot met de raildempers en geluidabsorberende platen beschikbaar is gekomen. De akoestische effectiviteit van de maatregelen is deels rekenkundig [3] en deels meettechnisch [4] vastgesteld en gerapporteerd door TNO en wordt verder in dit rapport niet behandeld.

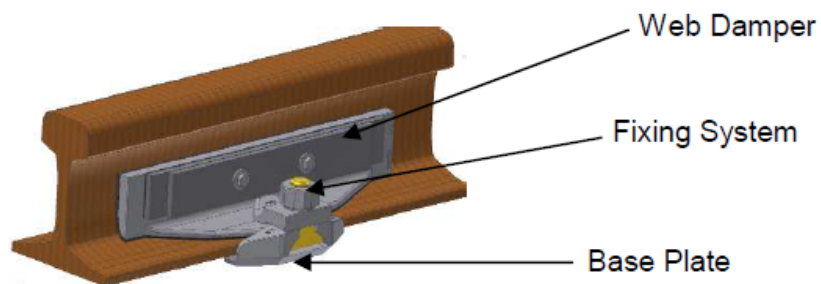
Het onderhavige rapport is een nieuwe versie van het rapport dat onder dezelfde naam verscheen d.d. 14-5-2014 met versienummer 1.3. Aangezien het MDM (Modulaire Dubbelzijdige Minigeluidscherm) niet meer in de praktijk beproefd is, is het MDM in deze versie van het rapport niet meer opgenomen. Alle overige informatie is, voor zover nodig, geactualiseerd.

## 2 Raildempers

### 2.1 Beschrijving maatregel

De raildemper wordt op conventioneel spoor al enige jaren toegepast. Trillingen in spoorstaven leiden tot geluidafstraling van de spoorstaven. Een raildemper dempt de trillingen in de spoorstaaf door deze om te zetten in warmte, waarmee de geluidafstraling effectief voorkomen wordt.

In de pilot van 2013 is gekozen om in te zetten op de vrijgave van een voor de HSL geoptimaliseerde raildemper van de firma Schrey & Veit (S&V), zie figuur 1 en 2.



*Figuur 1: Raildemper van Schrey & Veit*



*Figuur 2: Raildempers in het proefvak op de HSL*

### 2.2 Uitvoeringsaspecten

Raildempers van het onderzochte type zijn formeel in 2014 vrijgegeven voor gebruik op de HSL door de certificerende instanties NoBo en ISA. Er moet alleen nog een duurtest in labomgeving worden uitgevoerd; deze test wordt uitgevoerd wanneer tot installatie wordt besloten. Raildempers zijn toe te passen op de hele HSL.

Inbouw en onderhoud dient binnen de lopende contractperiode uitbesteed te worden aan Infrasppeed. De inbouw kan gerealiseerd worden in één of meerdere normale buitendienststellingen (C-shift) al naar gelang de gewenste lengte van de toepassing van raildempers.

De akoestische effectiviteit van raildempers wordt verondersteld over de gehele technische levensduur op niveau te blijven. Er is derhalve pas vervanging nodig als de technische levensduur bereikt is.

## 2.3 Kostenkengetallen

De kosten die samenhangen met het aanbrengen en onderhouden van de raildempers zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten inbouwen en onderhouden.

De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. Het betreffen kosten van raildempers die specifiek voor de HSL-situatie zijn herontworpen.

Bij het opstellen van de kostenkengetallen is uitgegaan van de kosten die door Infrasppeed zijn geoffreerd voor de pilot en voor de optionele uitrol van de raildempers op specifieke locaties op de HSL ter hoogte van Lansingerland. Het betreft kosten die onder de voor de spoorbranche unieke contractuele verantwoordelijkheids- risico- en performance-eisen van het DBFM-contract (Design, Build, Finance and Maintain-contract) (de RIA – Restated Implementation Agreement) zijn geoffreerd. Daarnaast resulteren één of twee cases niet in betrouwbare kostenkengetallen en bovendien weegt het specifieke karakter van de situatie dermate zwaar mee dat de gepresenteerde kostenkengetallen slechts in de beschreven context mogen worden gebruikt. Vanwege het ontbreken van marktwerking bij de offertes, welke de basis zijn voor het kengetal, is het voor ProRail niet mogelijk om deze kostenkengetallen te beoordelen op de marktconformiteit die gebruikelijk is voor de door ProRail gepresenteerde kostenkengetallen.

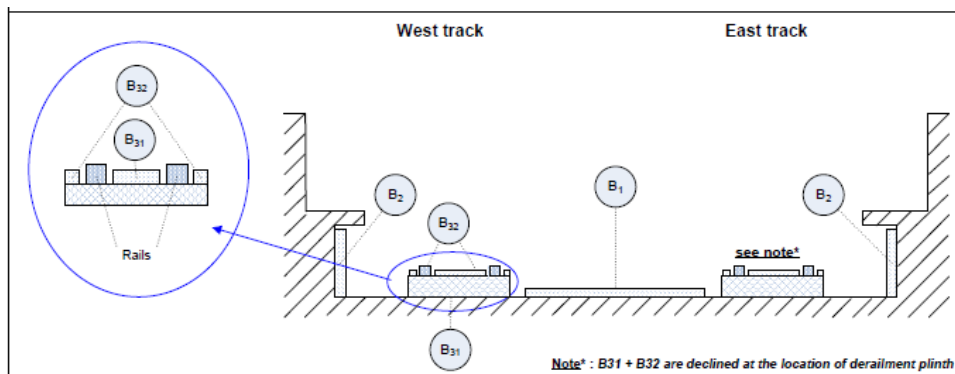
## 3 Geluidabsorberende bodemplaten

### 3.1 Beschrijving maatregel

Reflecties van het geluid kunnen worden voorkomen door een geluidabsorberende bekleding op de reflecterende oppervlakken aan te brengen. Op de HSL is reeds ervaring opgedaan met platen van houtvezelbeton van de firma Durisol, aangezien deze al op de verticale wanden van ondermeer de half verdiepte open bak in Lansingerland zijn aangebracht. In de pilot van 2013 is gekozen om geluidabsorberende platen te ontwerpen, te beproeven en te laten vrijgeven voor de HSL.

In figuur 3 zijn de vier nieuwe elementen schematisch weergegeven die in de pilot van 2013 beproefd zijn:

- B1-element: toepassing op het horizontale vlak tussen de Rheda-platen op de harde betonnen bodem van de half verdiepte open bak in Lansingerland
- B2-element: toepassing op het verticale vlak onder de harde betonnen perrons in de half verdiepte open bak in Lansingerland
- B31-element: toepassing op het horizontale vlak op de Rheda-platen tussen de spoorstaven
- B32-element: toepassing op het horizontale vlak op de Rheda-platen naast de spoorstaven



Figuur 3: Schematische weergave van de toepassing van B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>31</sub> en B<sub>32</sub> elementen

In figuur 4 zijn de elementen B<sub>1</sub>, B<sub>31</sub> en B<sub>32</sub> te zien in het proefvak uit de pilot in de half-verdiepte open bak in Lansingerland.



Figuur 4: Proefvak op de HSL met geluidabsorberende platen

### 3.2 Uitvoeringsaspecten

De horizontale toepassing van geluidabsorberende platen B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>31</sub> en B<sub>32</sub> zijn in 2014 vrijgegeven voor gebruik op de HSL door de certificerende instanties NoBo en ISA.

De geluidabsorberende platen zijn toe te passen op de hele HSL met uitzondering van B<sub>31</sub> en B<sub>32</sub> die ter hoogte van ontsparingsplinten op het Rheda-spoor vanwege veiligheidseisen niet mogen worden toegepast. De uitvoering is sterk locatiespecifiek; per locatie dienen de maten en bedekking van de platen opnieuw bepaald te worden.

## **ProRail**

Inbouw en onderhoud dient binnen de lopende contractperiode uitbesteed te worden aan Infrasppeed. De inbouw kan gerealiseerd worden in reguliere buitendienststellingen. De inbouw van grotere lengten kan eventueel gerealiseerd worden in één of meerdere lange buitendienststellingen al naar gelang de gewenste lengte van de toepassing van de geluidabsorberende platen. De inbouw zal dan impact hebben op de vervoerder die tijdelijk via een andere route, of in het geheel niet, van de HSL-infrastructuur gebruik kan maken op de sectie waar de werkzaamheden gepland zijn. Voor het benodigde onderhoudsregime en de regelmaat van de benodigde vervangingen vanwege een einde van de technische levensduur is monitoring en inspectie nodig om de aannames ten aanzien van onderhoud en vernieuwing te kunnen toetsen en indien nodig aan te passen.

De akoestische effectiviteit van geluidabsorberende platen in het verticale vlak worden verondersteld over de gehele technische levensduur op niveau te blijven. Er is derhalve pas vervanging nodig als de technische levensduur bereikt is. Voor de toepassing in het horizontale vlak kan vanwege vervuiling er niet vanuit gegaan worden dat de akoestische effectiviteit over de gehele technische levensduur op niveau blijft. ProRail adviseert om een monitoringsprogramma op te zetten om de akoestische effectiviteit te monitoren gedurende de tijd.

### **3.3 Kostenkengetallen**

De kosten die samenhangen met het aanbrengen en onderhouden van de geluidabsorberende platen zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten inbouwen en onderhouden.

De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. Het betreffen kosten van geluidabsorberende beplating die specifiek voor de HSL-situatie is herontworpen.

Bij het opstellen van de kostenkengetallen is uitgegaan van de kosten die door Infrasppeed zijn geoffereerd voor de pilot, voor de optionele uitrol van de geluidabsorberende platen op specifieke locaties op de HSL ter hoogte van Lansingerland en een na onderzoek vastgestelde optimalisatie van het onderhoud. Het betreft kosten die onder de voor de spoorbranche unieke contractuele verantwoordelijkheids- risico- en performance-eisen van het DBFM-contract (de RIA) zijn geoffereerd. Daarnaast resulteren één of twee cases niet in betrouwbare kostenkengetallen en bovendien weegt het specifieke karakter van de situatie dermate zwaar mee dat de gepresenteerde kostenkengetallen slechts in een vergelijkbare context mogen worden gebruikt met een marge van 20%. Vanwege het ontbreken van marktwerking bij de offertes, welke de basis zijn voor het kengetal, is het voor ProRail niet mogelijk om deze kostenkengetallen te beoordelen op de marktconformiteit die gebruikelijk is voor de door ProRail gepresenteerde kostenkengetallen.

De geluidabsorberende platen worden een HSL-asset die onder hetzelfde kwaliteits- en onderhoudsregime komen te vallen als de rest van de HSL. De geluidabsorberende platen zijn relatief duur vanwege het benodigde onderhoudsregime voor de platen zelf en de toenemende kosten van het onderhoud aan de half verdiepte open bak. Deze kosten zijn inschattingen omdat praktijksituaties niet bekend zijn, behalve het pilotvak van 100 meter dat twee jaar in de bak heeft gelegen. Daarnaast is ervan uit gegaan dat de levensduur van de platen in de horizontaal toegepaste positie niet langer is dan tien jaar waarna ze dienen te worden vervangen. Dit laatste is een conservatieve inschatting, vijftien jaar is mogelijk haalbaar.

## 4 Transparante geluidreflecterende geluidschermen

### 4.1 Beschrijving maatregel

Geluidschermen zijn langs de HSL reeds veelvuldig in een specifieke HSL-vormgeving toegepast, zie figuur 5. Daarbij is in het ontwerp transparantie het uitgangspunt geweest, daarom zijn alle bestaande HSL geluidschermen transparant en reflecterend. Wanneer dit uitgangspunt niet wordt losgelaten zullen nieuwe schermen dezelfde zijn als de bestaande. Het betreft licht naar binnen (noordsectie) danwel naar buiten (zuidsectie) hellende transparante geluidschermen met stalen staanders. In de half-verdiepte open bak in Lansingerland, maar ook op andere kunstwerken, zijn de geluidschermen op de rand van de bak aangebracht. Langs de overige delen van de HSL zijn de geluidschermen op een aparte fundering gebouwd.



*Figuur 5: Transparante geluidschermen langs de HSL*

### 4.2 Uitvoeringsaspecten

Nieuwe transparante geluidschermen zullen onderdeel van de HSL-assets worden en zullen zowel door Infrasppeed gerealiseerd als onderhouden worden. Infrasppeed zal zowel de realisatie als het beheer en onderhoud voor de restperiode van het contract tussen de Staat en Infrasppeed dienen te beprijzen. Binnen deze constructie zal Infrasppeed vrijwel zeker meer vrijwaringen van de Staat eisen voor risico's die samenhangen met de tussen de Staat en Infrasppeed overeengekomen beschikbaarheidseisen van de HSL-infrastructuur en de verdere bepalingen uit het huidige contract.

Het is specifiek voor de situatie in Lansingerland onderzocht of geluidschermen verhoogd zouden kunnen worden. Dat blijkt niet mogelijk, de fundering zal ter plaats verzwakt moeten worden en dat betekent dat bestaande geluidschermen zullen moeten worden afgebroken om



hogere geluidschermen te kunnen realiseren. Onderzoek op een viertal andere locaties langs de HSL geven vergelijkbare bevindingen, aangevuld met soms de noodzaak tot verplaatsen van de fundering wanneer een hoger scherm te dichtbij of tegen de bovenleidingportalen komt. De verwachting is dat dit voor de meeste plaatsen langs de HSL het geval is, maar dat zal ter plekke onderzocht moeten worden (met extra aandacht voor specials, zoals viaducten).

Het is voor de situatie in Lansingerland tevens onderzocht of op de plaatsen waar nu geen geluidschermen staan de rand van de bak als fundering gebruikt kan worden. Dat blijkt niet het geval. Voor nieuwe geluidschermen zal direct naast de bak een nieuwe fundering moeten worden aangelegd. Het is hierbij nodig om zettingsvrij te bouwen, om te voorkomen dat voor kunstwerken als de half verdiepte open bak horizontale of verticale verplaatsingen groter dan 1 mm of scheurvorming zouden kunnen optreden. Voor de gehele HSL geldt dat bij het verlengen van bestaande schermen of het plaatsen van nieuwe schermen locatie specifieke aspecten nader moeten worden onderzocht (daaronder vallen ook de fundering en het zettingsvrij bouwen), deze aspecten kunnen per locatie zeer veel van elkaar verschillen.

### **4.3 Kostenkengetallen**

De kosten die samenhangen met het aanbrengen en onderhouden van de transparante schermen zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten uitvoeren en onderhouden.

De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. Hierbij zijn de bouwkosten geraamd op basis van een fictieve scopevraag, maar deze zijn nog niet aan de praktijk getoetst. Het betreffen kosten van glazen reflecterende geluidschermen die specifiek voor de HSL-situatie en onder de voor de spoorbranche unieke contractuele verantwoordelijkheids- risico- en performance-eisen van het DBFM-contract (de RIA) zijn geoffreerd. Kengetallen voor beheer en onderhoud door Infrasppeed zijn niet bekend.

Deze eenmalige raming resulteert niet in betrouwbare kostenkengetallen en bovendien weegt het specifieke karakter van de situatie dermate zwaar mee dat de gepresenteerde kostenkengetallen slechts in een vergelijkbare context mogen worden gebruikt met een marge van 25%. Vanwege het ontbreken van marktwerking bij de offertes, welke de basis zijn voor het kengetal, is het voor ProRail niet mogelijk om deze kostenkengetallen te beoordelen op de marktconformiteit die gebruikelijk is voor de door ProRail gepresenteerde kostenkengetallen.

## **5 Niet-transparante geluidabsorberende geluidschermen**

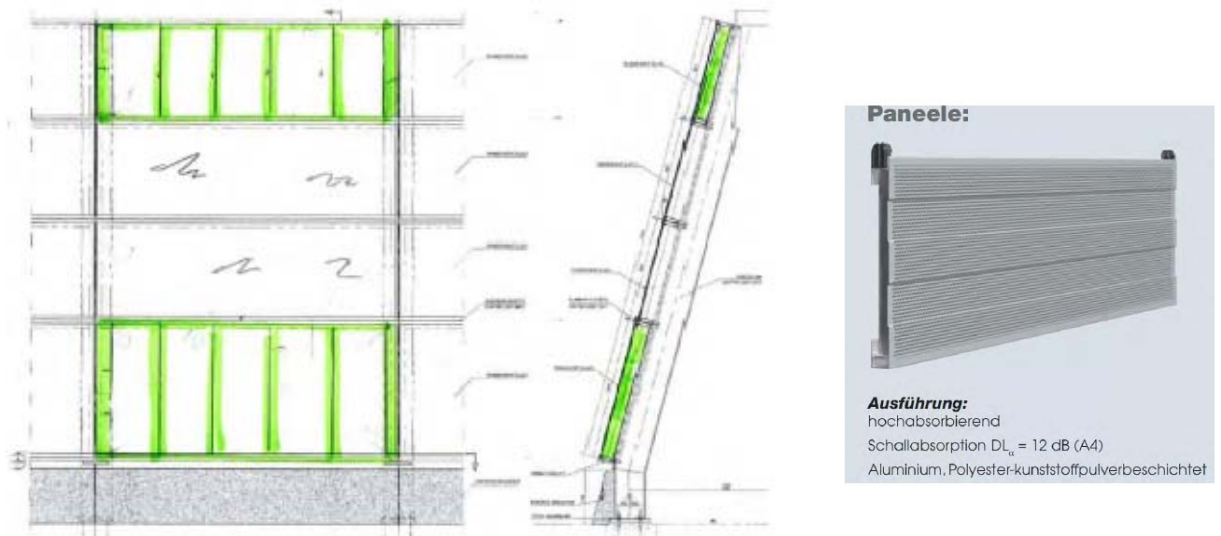
### **5.1 Beschrijving maatregel**

Wanneer voor de geluidschermen langs de HSL het uitgangspunt transparantie wordt losgelaten biedt dit de mogelijkheid voor de toepassing van geluidschermen met een geluidabsorberende werking.

Hierbij zijn de mogelijkheden:

- a) bestaande transparante geluidschermen aanpassen naar niet-transparante geluidabsorberende geluidschermen;
- b) nieuwe niet-transparante geluidabsorberende geluidschermen bouwen.

De bestaande transparante geluidschermen kunnen geluidabsorberend gemaakt worden. Infrasppeed heeft onderzocht hoe uitgaande van de bestaande constructie de glazen elementen kunnen worden vervangen voor absorberende delen. In figuur 6 is dit schematisch weergegeven.



Figuur 6: Schets hoe de glazen panelen binnen de huidige constructie kunnen worden vervangen door (in dit voorbeeld voor een deel) absorberende panelen (in groen). Op de foto een voorbeeld van aluminium absorberende panelen.

## 5.2 Uitvoeringsaspecten

### a) Bestaande geluidschermen aanpassen

Het gaat hier om het uitwisselen van de glazen panelen voor absorberende delen. Inbouw en onderhoud dient binnen de lopende contractperiode uitbesteed te worden aan Infrasppeed. De inbouw kan gerealiseerd worden in reguliere buitendienststellingen, de inbouw van grotere lengten kan beter gerealiseerd worden in één of meerdere lange buitendienststellingen. De inbouw zal dan impact hebben op de vervoerder die tijdelijk via een andere route, of in het geheel niet, van de HSL-infrastructuur gebruik kan maken op de sectie waar de werkzaamheden gepland zijn. Uitgangspunt is dat de absorberende delen niet hoeven te worden vervangen in de lopende contractperiode en dat de onderhoudskosten van absorberende delen gelijk zijn aan de onderhoudskosten van de huidige transparante delen.

Bij de geluidschermen is uitgegaan van aluminium panelen (nog nader te ontwikkelen voor specifiek de HSL situatie en eisen).

### b) Nieuwe geluidschermen

Een principiële keuze is de keuze of nieuwe geluidschermen onderdeel worden van de "HSL-assets" of niet. Deze keuze staat in beginsel vrij, mits de constructie volledig los staat van de bestaande HSL-assets (is buiten de beheergrenzen van Infrasppeed).

Indien de te bouwen constructie geheel vrij blijft van de HSL kan deze buiten de HSL-assets gehouden worden. In dat geval staat het ProRail vrij om een uitvoerende partij te contracteren voor de realisatie van de geluidschermen. ProRail zal dan zelf het beheer en onderhoud dienen te organiseren en betalen. Hierbij zal Infrasppeed eisen stellen aan het beheer en onderhoud van de geluidschermen in relatie tot hun beheercontract voor de HSL-assets. Vrijwel zeker zal Infrasppeed vrijwaringen van de Staat eisen voor risico's die samenhangen met de tussen de Staat en Infrasppeed overeengekomen beschikbaarheidseisen van de HSL-infrastructuur en de verdere bepalingen uit het contract.

Indien de te bouwen geluidschermen onderdeel van de HSL-assets worden, zullen deze zowel door Infrasppeed gerealiseerd en onderhouden worden. In dat geval zal Infrasppeed zowel de

## **ProRail**

realisatie als het beheer en onderhoud voor de restperiode van het contract tussen de Staat en Infrasppeed dienen te beprijzen. Ook binnen deze constructie zal Infrasppeed vrijwel zeker meer vrijwaringen van de Staat eisen voor risico's die samenhangen met de tussen de Staat en Infrasppeed overeengekomen beschikbaarheidseisen van de HSL-infrastructuur en de verdere bepalingen uit het huidige contract.

### **5.3 Kostenkengetallen**

#### **a) Bestaande geluidschermen aanpassen**

De kosten die samenhangen met het aanpassen van de transparante geluidschermen naar geluidabsorberende geluidschermen en het onderhouden van de geluidabsorberende geluidschermen zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten uitvoeren en onderhouden.

De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. Hierbij zijn de bouwkosten geraamd op basis van een fictieve scopevraag, maar deze zijn nog niet aan de praktijk getoetst. Het betreffen kosten die specifiek voor de HSL-situatie en onder de voor de spoorbranche unieke contractuele verantwoordelijkheids- risico- en performance-eisen van het DBFM-contract (de RIA) zijn geoffreerd.

Deze eenmalige raming resulteert niet in betrouwbare kostenkengetallen en bovendien weegt het specifieke karakter van de situatie dermate zwaar mee dat de gepresenteerde kostenkengetallen slechts in de beschreven context mogen worden gebruikt met een marge van 25%. Vanwege het ontbreken van marktwerking bij de offertes, welke de basis zijn voor het kengetal, is het voor ProRail niet mogelijk om deze kostenkengetallen te beoordelen op de marktconformiteit die gebruikelijk is voor de door ProRail gepresenteerde kostenkengetallen.

#### **b) Nieuwe geluidschermen**

De kosten die samenhangen met de plaatsing van aanvullende absorberende geluidschermen hangen af van de wijze van contractering.

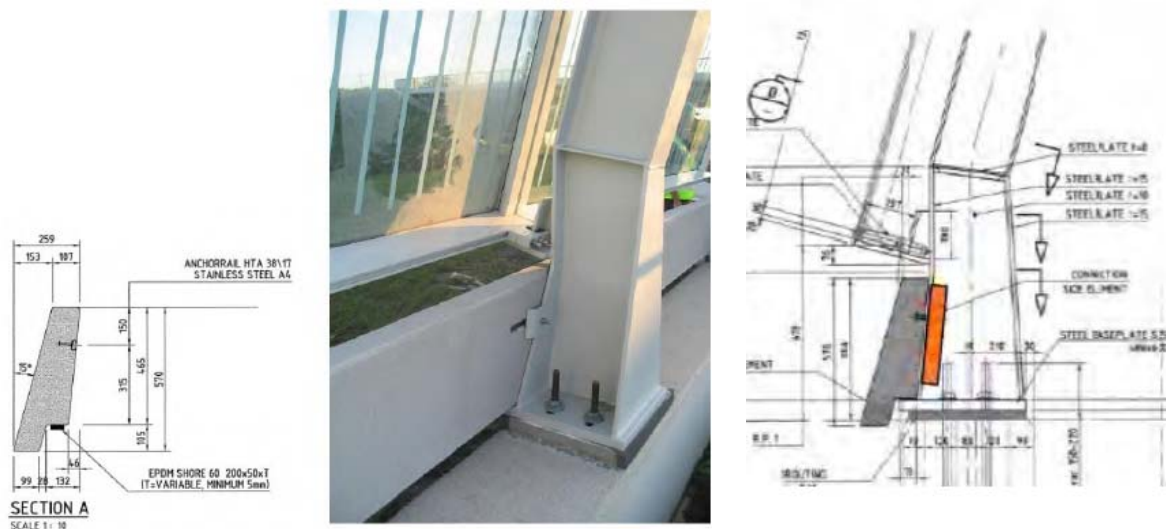
Zoals hierboven aangegeven valt de mogelijkheid te onderzoeken om geluidschermen buiten de specifieke contractuele HSL-randvoorwaarden, breed in de markt aan te besteden. Hiermee is een aanzienlijke kostenreductie mogelijk. Op basis van een kostenvergelijking bij transparante geluidschermen lijkt een reductie die kan oplopen tot ordegrrootte 50% in potentie haalbaar. Voorwaarde hierbij is dat de schermen buiten de beheergrenzen van Infrasppeed worden gerealiseerd of dat deze beheergrens wordt aangepast. Het onderhoud zal dan ook bij een andere partij moeten worden belegd.

De kosten die samenhangen met het bouwen en onderhouden van geluidabsorberende geluidschermen buiten de contractuele HSL-randvoorwaarden zijn vastgesteld op basis van gegevens van ProRail. Omdat uitgegaan wordt van de investeringskosten (in plaats van budgetreservering) is een marge van 25% van toepassing. De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. De investeringskosten hangen af van de hoogte van het te bouwen scherm. ProRail beschikt over kengetallen voor geluidschermen tot 7 meter hoog, voor hogere geluidschermen zijn bij ProRail geen kengetallen beschikbaar.

## 6 Geluidabsorberende platen op de plint van geluidschermen

### 6.1 Beschrijving maatregel

Naast het uitwisselen van de panelen in de geluidschermen kan tevens van de bestaande constructie de betonnen plint absorberend worden gemaakt. Figuur 7 geeft een schematische weergave van deze maatregel, de betonnen plint wordt hierbij voorzien van absorberend materiaal. Met deze maatregel kan ter plaatse van geluidschermen ca. 0,27 m<sup>2</sup> extra geluidabsorberend materiaal per meter spoor worden aangebracht. Bij viaducten is deze maatregel niet mogelijk.



Figuur 7: Doorsnede van de betonnen plint, foto van de betonnen plint en een doorsnede van het geluidscherm waarbij het absorberend materiaal (oranje) op de plint wordt weergegeven.

### 6.2 Uitvoeringsaspecten

Inbouw en onderhoud dient binnen de lopende contractperiode uitbesteed te worden aan Infrasppeed. De inbouw kan gerealiseerd worden in reguliere buitendienststellingen, de inbouw van grotere lengten kan beter gerealiseerd worden in één of meerdere lange buitendienststellingen. De inbouw zal dan impact hebben op de vervoerder die tijdelijk via een andere route, of in het geheel niet, van de HSL-infrastructuur gebruik kan maken op de sectie waar de werkzaamheden gepland zijn. Uitgangspunt is dat de absorberende platen niet hoeven te worden vervangen in de lopende contractperiode.

Qua materiaal is uitgegaan van de houtwolcement platen die reeds langs de HSL worden toegepast.

### 6.3 Kostenkengetallen

De kosten die samenhangen met het aanpassen van de transparante schermen naar absorberende schermen en het onderhouden van de absorberende schermen zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten uitvoeren en onderhouden.

De kostenkengetallen zijn gegeven in de bijlage. Hierbij zijn de bouwkosten geraamd op basis van een fictieve scopevraag, maar deze zijn nog niet aan de praktijk getoetst. Het betreffen kosten die specifiek voor de HSL-situatie en onder de voor de spoorbranche unieke contractuele verantwoordelijkheids- risico- en performance-eisen van het DBFM-contract (de RIA) zijn geoffreerd.

Deze eenmalige raming resulteert niet in betrouwbare kostenkengetallen en bovendien weegt het specifieke karakter van de situatie dermate zwaar mee dat de gepresenteerde kostenkengetallen slechts in de beschreven context mogen worden gebruikt met een marge van 25%. Vanwege het ontbreken van marktwerking bij de offertes, welke de basis zijn voor het kengetal, is het voor ProRail niet mogelijk om deze kostenkengetallen te beoordelen op de marktconformiteit die gebruikelijk is voor de door ProRail gepresenteerde kostenkengetallen.

## 7 Conclusies

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft ProRail onderzoek gedaan naar mogelijke aanvullende geluidmaatregelen op de HSL. Het betreft:

- het aanbrengen van raildempers aan de spoorstaven;
- het aanbrengen van geluidabsorberende platen op de bodem van de HSL;
- het plaatsen van aanvullende transparante geluidschermen;
- het plaatsen van aanvullende niet-transparante geluidschermen;
- het vervangen van de transparante geluidreflecterende panelen in de geluidschermen door dichte geluidabsorberende panelen;
- het aanbrengen van geluidabsorberende platen op de plint van de geluidschermen.

De toepassing van raildempers en geluidabsorberende platen is in 2013 middels een pilot op de HSL beproefd. De raildempers en de geluidabsorberende platen zijn in 2014 vrijgegeven voor gebruik op de HSL.

ProRail constateert dat genoemde maatregelen toepasbaar zijn voor de HSL. Voor alle maatregelen geldt dat deze op zich in reguliere buitendienststellingen kunnen worden aangebracht, maar dat het efficiënter en goedkoper is de maatregelen in langere buitendienststellingen (bv. weekenden) uit te voeren, met een negatieve impact voor de vervoerder tot gevolg. Voor alle wijzigingen via Infrasppeed geldt de noodzaak tot het doorlopen van het contractuele traject (met daarbij aandacht voor het aspect tijd en overeen te komen contractuele punten die ter discussie worden gesteld).

De kosten die samenhangen met het aanbrengen en onderhouden van de geluidabsorberende platen op de bodem en op de plint van geluidschermen, de raildempers, transparante geluidschermen en het vervangen van de transparante panelen in de geluidschermen door geluidabsorberende panelen zijn opgesteld op basis van gegevens van Infrasppeed. De Nederlandse Staat is contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten inbouwen en onderhouden.

De kosten die samenhangen met de plaatsing van aanvullende geluidabsorberende geluidschermen hangen af van de wijze van contractering. Indien de geluidschermen onderdeel gaan uitmaken van de HSL-assets dan is de Nederlandse Staat contractueel verplicht deze geluidmaatregelen door Infrasppeed te laten bouwen en onderhouden. Indien de geluidschermen los van de HSL-assets gebouwd kunnen worden en ook buiten de HSL-assets gehouden zouden kunnen worden kan ProRail bouw en onderhoud apart contracteren tegen marktconforme prijzen en zonder de impact van de eisen van het voor de HSL specifieke DBMF-contract. Een kostenreductie die kan oplopen tot ordegrrootte 50% lijkt daarbij in potentie haalbaar.

## 8 Literatuur

- [1] "HSL-Zuid, Inventarisatie aanvullende geluidsmaatregelen", A. Kuijpers, B. Langeloo en N. van Steenis, Lloyd's Register Rail Europe / M+P-rapport d.d. 7 januari 2011 met kenmerk III/NvS/3130/03-404732 versie 2.0;
- [2] "Plan van aanpak Evalueren maatregelen verdiepte ligging HSL in Lansingerland.", A. Kuijpers, M+P-rapport d.d. 26-11-2012 met kenmerk RAIL.11.23.01;
- [3] "Effect van mogelijke aanvullende geluidmaatregelen voor de HSL-Zuid in Lansingerland", A. Eisses, TNO-notitie d.d. 28-3-2013 met kenmerk NO-060-DHW-2013-00794;
- [4] "Geluidreductie van de pilotmaatregelen aan het HSL-spoor in Lansingerland", M. Dittrich, A. Eisses, F. Staats, R. Prevo, J van 't Hof, TNO-rapport d.d. februari 2014 met kenmerk TNO 2013 R11091.

## **9 Bijlage**

Op de volgende pagina's zijn per maatregel de factsheets opgenomen met de detaillering van de kostenkengetallen.

Alle prijzen zijn exclusief BTW.

# ProRail

**Onderwerp:** Raildempers

**Bron:** SVP242

**Prijspeil:** 2014

**Versie:** 2.0

*(wijziging tov versie 1.0: 15% opslag op subcontracting toegevoegd)*

## BRON

Scope	Leveren en aanbrengen raildempers type Schreij&Veith aan de UIC60 spoorstaven van het Rheda spoor.
Situatie	Betonnen Half Verdiepte Open Bak constructie in bewoond gebied waar het HSL treinverkeer met 300 km/uur doorheen rijdt.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregim van het DBFM contract RIA en is inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in lange buitendienststellingen van 53 uur.

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

Aanbrengen raildempers over opgeteld 1.700 meter enkel spoor.

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

Kosten BAM incl. marges	€ 1.578.459	=	€ 928,50 / m <sup>1</sup>
IMbv + Other	€ 228.759	=	€ 134,56 / m <sup>1</sup>
Totaal bouwkosten	€ 1.807.218	=	€ 1.063 / m <sup>1</sup>

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

(noot: vervanging binnen contractperiode 17 jaar niet voorzien)

Onderhoudsperiode = 17 jaar.

IMbv	€ 89.226	=	€ 3,08 / m <sup>1</sup> / jaar
BAM + Others	€ 59.288	=	€ 2,05 / m <sup>1</sup> / jaar
Totaal onderhoudskosten	€ 148.514	=	€ 5,13 / m <sup>1</sup> / jaar

**Opmerking:**



**Onderwerp:** Houtvezelbetonplaten t.b.v. geluidreductie HSL bij HVOB Lansingerland  
**Bron:** SVP242, optimalisatie 17 april 2015 door IMbv  
**Prijspeil:** 2014  
**Versie:** 4.0  
*(wijziging tov vorige versie - optimalisatie IMbv van 17/4/2015 in onderhoud)*

## BRON

Scope	3500 meter dubbel spoor met directe spoorstaafbevestiging op betonnen kunstwerk voorzien van geluid reducerende beplating van het merk DURISOL.
Situatie	Betonnen Half Verdiepte Open Bak constructie in bewoond gebied waar het HSL treinverkeer met 300 km/uur doorheen rijdt.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregiem van het DBFM contract RIA en is inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in lange buitendienststellingen van 53 uur (alleen bij de aanleg, niet bij onderhoud)

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

- a. Optelsom van het aantal strekkende meters enkel spoor waar de voorziening wordt toegepast = 4.600 meter enkel spoor.
- b. Berekenende oppervlakken van de voorziening = opgetelde maten per dwarsdoorsnede X de strekkende meter enkel spoor:
  - horizontaal oppervlak: 11.430 m<sup>2</sup>;
  - verticaal oppervlak: 3.385 m<sup>2</sup>.

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

€ 15,3 mio voor 4.600 m <sup>1</sup> enkel spoor	=	€3.326 / m <sup>1</sup>
€ 15,3 mio voor 14.815 m <sup>2</sup> houtvezelbeton opp.	=	€1.033 / m <sup>2</sup>

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

**10** jaar onderhoud onder het contractuele verantwoordelijkheids-, risico- en kwaliteits regiem van de RIA met vervangingsuitgangspunt: + **vervangen na 10 jaar.**

€ 2,5 mio voor 4.600 m <sup>1</sup> enkel spoor	=	€54,3 / m <sup>1</sup> / jaar
€ 2,5 mio voor 14.815 m <sup>2</sup> houtvezelbeton opp.	=	€17 / m <sup>2</sup> / jaar

**Opmerking:** op basis van één case geen betrouwbaar kostencijfer te genereren. Hiertoe minimaal bandbreedte +/- 20% hanteren.

**Onderwerp:** Reflecterende glazen geluidschermen HVOB te Lansingerland (4 uur)  
**Bron:** SVP242, CN002  
**Prijspeil:** 2014 **+/- 25%**  
**Versie:** 1.1 - 4 uur  
*(wijziging tov vorige versie – contractman, spoorwegveiligheid en opslagen zijn ingeschat)*

## BRON

Scope	Het aanbrengen van 3 meter of 4 meter hoge geluidschermen bij de HSL betonconstructie HVOB op locaties waar nu nog geen schermen staan.
Situatie	Betonnen Half Verdiepte Open Bak constructie in bewoond gebied waar het HSL treinverkeer met 300 km/uur doorheen rijdt.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregiem van het DBFM contract RIA en inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in standaard buitendienststellingen van 4 uur netto / nacht.

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

De locaties waar nu nog geen schermen staan zijn:

- Km. 109.250 – 109.930 = 680 meter (3 meter hoog)
- Km. 110.060 – 110.600 = 540 meter (3 meter hoog)
- Km. 110.930 – 111.440 = 510 meter (4 meter hoog)

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

Totaal 1.730 meter geluidscherm	€ 10.884.000	
Contractmanagement + spoorv.h. + opsl.	€ 5.442.000	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 16.326.000</b>	<b>= €9.437 / m<sup>1</sup></b>

= inclusief:

- Engineering
- Fundatie los van de bak met trillingsvrije grondverdringende palen
- Tijdelijke vergunningen

= exclusief:

- Definitieve vergunningen
- Verleggen kabels & leidingen
- Aarding

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

Geen data beschikbaar.

## Opmerking:

spoorwegvh. + contractmgt + opsl. o.b.v. SVP 242 (4 uur/nacht) ingeschat (=50%).

# ProRail

**Onderwerp:** Reflecterende glazen geluidschermen HVOB te Lansingerland (53 uur)

**Bron:** SVP242, CN002

**Prijspeil:** 2014

**+/- 25%**

**Versie:** 3 - 53 uur

*(wijziging tov vorige versie – contractman, spoorwegveiligheid en opslagen zijn ingeschat)*

## BRON

Scope	Het aanbrengen van 3 meter of 4 meter hoge geluidschermen bij de HSL betonconstructie HVOB op locaties waar nu nog geen schermen staan.
Situatie	Betonnen Half Verdiepte Open Bak constructie in bewoond gebied waar het HSL treinverkeer met 300 km/uur doorheen rijdt.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregim van het DBFM contract RIA en inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in lange weekendbuitendienststellingen van ca. 53 uur netto.

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

De locaties waar nu nog geen schermen staan zijn:

- Km. 109.250 – 109.930 = 680 meter (3 meter hoog)
- Km. 110.060 – 110.600 = 540 meter (3 meter hoog)
- Km. 110.930 – 111.440 = 510 meter (4 meter hoog)

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

Totaal 1.730 meter geluidscherm	€ 9.146.000	
Contractmanagement + spoorwegveiligheid	€ 3.109.640	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 12.255.640</b>	<b>€7.084 / m<sup>1</sup></b>

= inclusief:

- Engineering
- Fundatie los van de bak met trillingsvrije grondverdringende palen
- Tijdelijke vergunningen

= exclusief:

- Definitieve vergunningen
- Verleggen kabels & leidingen
- Aarding

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

Nog geen data beschikbaar.

## Opmerking:

spoorwegvh. + contractmgt + opsl. o.b.v. SVP 242 (uitvoering in 53 uur) ingeschat (=34%).

**Onderwerp:** Uitwisselen reflecterende glazen panelen voor absorberende panelen + plint absorberend maken (4 uur)  
**Bron:** SVP242, CN012 (d.d. 8 juni 2015)  
*(en rapport 002626 'Aanpassen HSL Geluidschermen, inventarisatie technische haalbaarheid', 23-04-2015 Rev A)*  
**Prijspeil:** 2014 **+/- 25%**  
**Versie:** 1.0 – 4 uur

## BRON

Scope	Het uitwisselen van 4 meter hoge geluidschermen van glazen panelen bij de HSL door absorberende panelen bij gelijke hoogte geluidsscherm en het absorberend maken van de betonnen plint.
Situatie	Op locaties bij bewoond gebied langs de HSL waar treinverkeer met 300 km/uur langs rijdt. Uitwisselen panelen vanuit het spoor.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregim van het DBFM contract RIA en inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in reguliere nachtelijke buitendienststellingen van 4 uur netto.

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

- Uitgangspunt werkmethode = 4 meter hoge schermen, alle panelen vervangen + plint bekleden met houtvezelbeton.
- Minimale lengte is 1000 meter scherm.
- Uitgangspunt werkmethode = werken vanaf spoor, via de weg bereikbare locaties leveren mogelijk kostenreductie op.

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

Totaal 1.000 meter geluidsscherm, panelen uitwisselen + plint bekleden	€ 2.988.000	
Contractmanagement + spoorwegvh. + opsl.	€ 1.921.190	
<b>TOTAAL</b>	<b>€ 4.909.190</b>	<b>€4.909 / m<sup>1</sup></b>
<b>TOTAAL zonder plint</b>		<b>€4.335 / m<sup>1</sup></b>

= inclusief:

- Engineering
- Voorlopig akkoord afwijken masterplan vormgeving + instemming welstand

= exclusief:

- Definitieve vergunningen
- Aarding

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

Nog geen data beschikbaar. Inschatting is geen toename ten opzichte van huidige transparante schermen.

**Opmerking:**

**Onderwerp:** Uitwisselen reflecterende glazen panelen voor absorberende panelen HSL + plint absorberend maken  
**Bron:** SVP242, CN012 (d.d. 8 juni 2015)  
*(en rapport 002626 'Aanpassen HSL Geluidschermen, inventarisatie technische haalbaarheid', 23-04-2015 Rev A)*  
**Prijspeil:** 2014 **+/- 25%**  
**Versie:** 1.0 – 53 uur

## BRON

Scope	Het uitwisselen van 4 meter hoge geluidschermen van glazen panelen bij de HSL door absorberende panelen bij gelijke hoogte geluidsscherm en het absorberend maken van de betonnen plint.
Situatie	Op locaties bij bewoond gebied langs de HSL waar treinverkeer met 300 km/uur langs rijdt. Uitwisselen panelen vanuit het spoor.
Randvoorwaarden	Uitvoering binnen de contractuele randvoorwaarden en verantwoordelijkheden van het DBFM-contract RIA tussen de Staat en Infrasppeed waarin eisen ten aanzien van aanleg en onderhoud zijn opgenomen waarover Infrasppeed continue compliance dient aan te tonen en de conditie van de HSL objecten een gedefinieerde performance dienen te hebben.

## Prijsbepalende factoren

Bouw + onderhoud onder het verantwoordelijkheids- en risicoregim van het DBFM contract RIA en inclusief:

- Subcontracting
- Contractmanagement
- Bouwplaatskosten, materieel etc.
- Spoorwegveiligheid
- Werken in lange weekend buitendienststellingen van 53 uur netto.

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

- Uitgangspunt werkmethode = 4 meter hoge schermen, alle panelen vervangen + plint bekleden met houtvezelbeton.
- Minimale lengte is 1000 meter scherm.
- Uitgangspunt werkmethode = werken vanaf de weg met goede bereikbaarheid, alleen vanaf het spoor bereikbare locaties leveren mogelijk kostenverhogingen op.

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

Totaal 1.000 meter geluidsscherm, panelen uitwisselen + plint bekleden	€ 2.777.000	
Contractmanagement + spoorwegvh. + opsl.	€ 1.094.901	
TOTAAL	€ 3.871.901	€3.872 / m <sup>1</sup>
TOTAAL <b>zonder plint</b>		€3.397 / m <sup>1</sup>
= inclusief:		
• Engineering		
• Voorlopig akkoord afwijken masterplan vormgeving + instemming welstand		
= exclusief:		
• Definitieve vergunningen		
• Aarding		

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

Nog geen data beschikbaar. Inschatting is geen toename ten opzichte van huidige transparante schermen.

**Opmerking:**

# ProRail

**Onderwerp:** Aluminium absorberend cassettescherm (4, 5, 6 en 7 meter)

**Bron:** ProRail Rail case base (juli 2015)

**Prijspeil:** 2015

**Versie:** 1.0

**+/- 25%**

## Prijsbepalende factoren

Inclusief:

- Zie database

## Scope uitdetaillering naar de specifieke situatie

- Scherm buiten de beheer grenzen van Infrasppeed te plaatsen (met behoud voor ruimte tbv onderhoud Infrasppeed aan de HSL Assets)
- Geen fase 0 kabelwerk nodig
- Fundaties kunnen vrij worden gebouwd
- Zie verder database

## Kosten

### 1. Verwachte investeringskosten:

4 meter hoog scherm €1.954 / m1

5 meter hoog scherm €2.156 / m1

6 meter hoog scherm €2.387 / m1

7 meter hoog scherm €2.867 / m1

### 2. Verwachte onderhouds- en vernieuwingskosten:

Geen data beschikbaar in de ProRail case base voor specifiek de (hogere) onderhoudseisen voor HSL schermen (bv geen graffiti).

ProRail database €22 / m<sup>1</sup> voor 7m hoog scherm

Conservatieve schatting voor HSL scherm **€100 / m<sup>1</sup>**

**Opmerking:**

# ProRail

## Colofon

Titel	Geluidmaatregelen HSL
Documentnummer	P1216779
Versie/Datum	2.2 d.d. 24-09-2015
Status	definitief
Van	ProRail
Auteur	Chiel Roovers, Rob den Boer, Sijske Donkervoort-Karsen, Bas Oosthoek
Projectleider	Chiel Roovers
Distributie	openbaar
Document	Geluidmaatregelen HSL versie 2.2.doc