



M+P | MBBM groep
Mensen met oplossingen



Rapport

Evaluatie akoestische kwaliteit (spoor)wegen

Colofon

Opdrachtnemer	M+P raadgevende ingenieurs BV
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Postbus 20904 2500 EX DEN HAAG
Opdrachtnummer	-
Titel	Evaluatie akoestische kwaliteit (spoor)wegen
Rapportnummer	M+P.MINIENM.16.02.3
Revisie	3
Datum	7 december 2016
Aantal pagina's	54
Auteurs	dr. ir. Judith Doorschot dr. Gijsjan van Blokland
Contactpersoon	dr. ir. Judith Doorschot 073-6589050 vught@mp.nl

M+P
Wolfskamerweg 47 | 5262 ES Vught
Visserstraat 50 | 1431 GJ Aalsmeer

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft M+P een evaluatie uitgevoerd van de stand van de techniek voor geluidmaatregelen aan rijkswegen en spoorwegen. Daarbij gaat het om de vraag of er binnen een periode van vijf jaar een wettelijke aanpassing haalbaar is voor de volgende twee onderwerpen:

- Wat zou op basis van de stand van de techniek de minimumstandaard, oftewel de minimale akoestische kwaliteit, kunnen zijn?
- In hoeverre past de lijst met geluidbeperkende maatregelen, die is vastgelegd in bijlage 3 van de Regeling geluid milieubeheer, nog bij de stand van de techniek.

De minimumstandaard is een geluidmaatregel, techniek of (spoor)constructie die voor het gehele netwerk wordt toegepast, behalve op locaties waar daartegen technisch bezwaar is. Wettelijk is vastgelegd dat een weg of spoorweg die aangelegd of vervangen wordt, moet voldoen aan de akoestische eisen van de minimumstandaard. Daarbij wordt niet het product voorgeschreven, maar de geluidemissie die daarmee bereikt wordt. Het treffen van akoestisch gelijkwaardige alternatieven is dus ook toegestaan.

De huidige minimumstandaard voor wegverkeer is zeer open asfaltbeton (ZOAB). De huidige minimumstandaard voor railverkeer bestaat uit een constructie van langgelast spoor op betonnen dwarsliggers in een ballastbed.

Geluidbeperkende maatregelen zijn de bron- en overdrachtsmaatregelen die standaard in overweging worden genomen op het moment dat de wet een verdergaande geluidreductie eist, bijvoorbeeld in het kader van een project. Deze geluidbeperkende maatregelen worden op dat moment getoetst op financiële doelmatigheid.

Bronmaatregelen zijn de maatregelen die de geluidemissie direct aan de bron beperken, zoals bijvoorbeeld een stil wegdek. Overdrachtsmaatregelen zijn geluidreducerende maatregelen die de overdracht tussen bron en ontvanger verminderen. Voorbeelden hiervan zijn een geluidscherm of een geluidwal. Voor een eventuele aanpassing van de minimumstandaard in het kader van bronbeleid worden alleen bronmaatregelen in overweging genomen. De minimumstandaard betreft immers een technologie die voor (nagenoeg) het gehele netwerk toepasbaar moet zijn zonder ingrijpende gevolgen voor de beheerder; in de praktijk kan het daarom alleen gaan om een wegdek of een spoorconstructie.

De evaluatie van de minimumstandaard is een periodieke wettelijke verplichting vanuit hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer. In dit wetshoofdstuk is vastgelegd dat het geluid vanwege rijkswegen en spoorwegen is begrensd door middel van zogenaamde geluidproductieplafonds (GPP's). Dat betekent in de praktijk dat de beheerders jaarlijks controleren of het geluid vanwege de weg of spoorweg niet hoger is dan de vastgestelde plafonds. Het voldoen aan geluidnormen is daarmee een continu proces, dat vaak wordt aangeduid met de term 'naleving'. Indien een overschrijding van de geluidnorm dreigt door groei van het verkeer of vanwege een project, moet de beheerder nagaan op welke wijze deze overschrijding van de GPP's voorkomen kan worden. Daarbij hebben bronmaatregelen in de naleving een procedureel voordeel ten opzichte van overdrachtsmaatregelen: als het mogelijk is om de GPP's na te leven met een bronmaatregel, hoeft er geen wijzigingen van GPP's plaats te vinden. Als het niet mogelijk of financieel niet doelmatig is om na te leven met een bronmaatregel, kunnen onder bepaalde voorwaarden de GPP's worden gewijzigd.

Het resultaat van de evaluatie van de minimumstandaard zal worden gebruikt bij het opstellen van de Actieplannen omgevingslawaaier voor rijkswegen en druk bereden spoorwegen. Deze actieplannen beschrijven de voornemens van de minister met betrekking tot geluidbeleid voor rijkswegen en spoorwegen voor een periode van vijf jaar. De actieplannen moeten in 2018 worden vastgesteld. Actieplannen zijn openbare documenten en worden op internet voor eenieder ter kennisneming gepubliceerd.

De evaluatie is uitgevoerd door middel van literatuuronderzoek, aangevuld met interviews met experts vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat en ProRail. De resultaten van de evaluatie zijn als volgt:

Minimumstandaard

Voor wegverkeer zijn er geen maatregelen beschikbaar die binnen de periode van vijf jaar geschikt zijn voor een bijstelling van de minimumstandaard. De enige maatregel die op dit moment voldoende is uitontwikkeld voor een dermate brede toepassing is het wegdektype tweelaags ZOAB. Tweelaags ZOAB is reeds aangewezen als geluidbeperkende maatregel en is daardoor al op substantiële schaal toegepast op het Nederlandse rijkswegennet.

Echter, met name de meerkosten van dit wegdektype vormen een barrière voor aanwijzing van tweelaags ZOAB als minimumstandaard. De meerkosten worden geschat in de orde grootte van 100 miljoen euro per jaar. Ook kent dit wegdek nadelen op het gebied van duurzaamheid (minder goed recyclebaar dan ZOAB) en is een methode voor geautomatiseerde inspectie van het wegdek nog in ontwikkeling.

Voor railverkeer is een optimalisatie van de minimumstandaard mogelijk door het slijpregime te betrekken bij de definitie van de minimumstandaard. In de huidige praktijk worden de sporen regelmatig geslepen. Het slijpregime is van invloed op geluid: door het gladder maken van de rails wordt de geluidemissie verlaagd. De geluidreductie die bereikt wordt door slijpen hangt af van de huidige gemiddelde ruwheid van de rails en van de ruwheidsverlaging die verkregen kan worden door slijpen: Hoe ruwer de rail was en hoe gladder het spoor is geslepen, hoe hoger de geluidreductie. Deze techniek werkt alleen als geluidmaatregel zolang de ruwheid van de rails hoger is dan de ruwheid van de wielen. Dat is op het Nederlandse spoorwegennet in het algemeen het geval, mogelijk met uitzondering van de intensieve goederenlijnen.

Met het reguliere slijpregime zoals ProRail momenteel hanteert, is naar verwachting een (beperkte) geluidwinst te behalen ten opzichte van de huidige minimumstandaard. De potentiële geluidwinst zou kunnen worden ingeschat door in kaart te brengen wat de daadwerkelijke Nederlandse gemiddelde railruwheid is. Deze moet vergeleken worden met het railruwheidsspectrum dat in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is vastgelegd. Uit deze analyse moet blijken of de rekenwaarden van het railruwheidsspectrum bijgesteld kunnen worden en welke geluidwinst hiermee behaald kan worden. De definitie voor de minimumstandaard voor railverkeer moet dan worden bijgesteld naar 'langgelast spoor op betonnen dwarsliggers in een ballastbed waar een slijpregime op van toepassing is'.

Geluidbeperkende maatregelen

Het tweede onderdeel van deze evaluatie is het beantwoorden van de vraag of er binnen vijf jaar maatregelen beschikbaar zijn die in aanmerking komen als nieuwe geluidbeperkende maatregel.

Uit de inventarisatie blijkt dat er voor wegverkeer een aantal relevante geluidmaatregelen in ontwikkeling is. Daarmee is echter nog niet zo veel ervaring opgebouwd dat vanuit Rijkswaterstaat een vrijgave binnen vijf jaar mogelijk wordt geacht.

Als mogelijke nieuwe geluidbeperkende maatregel voor railverkeer is in de komende periode van vijf jaar de volgende maatregel in beeld:

- **Minischerm.** Een minischerm is een geluidscherm dat lager is dan normalerwijze voor railverkeersgeluid wordt toegepast en dat dicht op het spoor staat. De ontwikkeling van het minischerm staat in de belangstelling omdat er vanuit omwonenden sterke behoefte is aan maatregelen die het vrije zicht niet beperken. Er is weliswaar nog geen concrete ervaring met praktijktoepassing van minischermen in Nederland, maar het technisch kader dat nodig is voor vrijgave, is reeds gereed. Dat maakt het mogelijk om, na het opdoen van praktijkervaring, binnen afzienbare termijn voortgang te maken met betrekking tot bredere toepassing.

Voor wegverkeer is op langere termijn de verwachting dat besluitvorming mogelijk is over vrijgave van de volgende maatregelen:

- **Tweelaags ZOAB fijn.** Dit wegdektype heeft een tweelaags constructie en een toplaag met kleinere stenen dan 'gewoon' tweelaags ZOAB. Door deze fijnere steengrootte (oftewel gradering) van de toplaag wordt, vooral voor lichte motorvoertuigen, extra geluidreductie bereikt. Van dit wegdektype ligt er momenteel circa 50 kilometer op rijkswegen. Rijkswaterstaat heeft het wegdek gefaseerd vrijgegeven. Tot 2020 mag tot een maximum van 150 kilometer van dit wegdek worden aangelegd. Deze gefaseerde vrijgave tot 2020 is onderdeel van het test- en ontwikkelproces om tot een verantwoorde brede invoering te kunnen komen.
- **ZOAB met een fijne gradering.** Dit wegdek betreft een enkellaags constructie met een fijnere steengrootte dan regulier (enkellaags) ZOAB. Dit wegdek wordt weliswaar nog niet breed toegepast op rijkswegen en zal daarom niet binnen vijf jaar voldoende zijn uitontwikkeld. Op termijn kan dit wegdek echter een interessante optie zijn, omdat het naar verwachting een extra geluidreductie ten opzichte van regulier ZOAB realiseert tegen beperkte meerkosten. Dat maakt het een interessante kandidaat voor aanwijzing als geluidbeperkende maatregel. Om bredere toepassing mogelijk te maken, wordt aanbevolen om nader onderzoek te verrichten naar de akoestische eigenschappen bij hoge snelheden, de technische toepasbaarheid en de herbruikbaarheid. Op basis van de huidige stand van kennis lijkt dit wegdek qua eigenschappen op (nog) langere termijn een optie voor een nieuwe minimumstandaard.
- **Dunne deklagen B.** Momenteel reeds aangewezen als geluidbeperkende maatregel zijn de dunne deklagen. In de Regeling geluid milieubeheer is alleen de categorie 'dunne deklagen' genoemd; in de praktijk wordt echter onderscheid gemaakt tussen dunne deklagen A en dunne deklagen B. Dunne deklagen B hebben een hogere geluidreductie dan dunne deklagen A. Dunne deklagen A zijn door de beheerder vrijgegeven voor toepassing op niet-autosnelwegen. Dunne deklagen B zijn niet vrijgegeven omdat er nog onvoldoende kennis is over de levensduur. De technische ontwikkeling is wel reeds in een gevorderd stadium. Deze maatregel wordt incidenteel, na interne aanvraag en toestemming, toegepast op niet-autosnelwegen waar in het kader van een project of de naleving toepassing van een bronmaatregel vereist is. Voor toepassing op autosnelwegen worden de dunne deklagen niet geschikt geacht, omdat ze minder spat- en stuifwater reduceren dan het poreuzere ZOAB.
- **Geoptimaliseerd SMA (steenmastiekasfalt).** Dit wegdektype is in de laatste vijf jaar ontwikkeld en wordt al op substantiële schaal toegepast op provinciale en binnenstedelijke wegen. Het betreft een wegdek met iets minder porositeit dan een dunne deklaag, waardoor het naar verwachting een langere levensduur zal hebben. Mogelijk blijkt dit wegdektype op termijn ook relevant voor niet-autosnelwegen in het beheer van Rijkswaterstaat. Op dit moment is door Rijkswaterstaat nog geen ervaring opgedaan met de toepassing van geoptimaliseerd SMA.
- **DiffraCTOR.** Deze maatregel wordt ook wel eens aangeduid als geluidgoot of geluidafbuiger. Het is een betonnen constructie met resonatoren (holtes) die naast de weg wordt gelegd. De resonatoren zorgen ervoor dat het geluid naar boven wordt afgebogen. Momenteel wordt intensief onderzoek gedaan naar de akoestische werking van de diffractor en de technische toepasbaarheid. Ook wordt gewerkt aan een rekenregel om het geluidreducerend effect mee te kunnen nemen in een akoestisch onderzoek.

Voor railverkeer signaleren we voor de langere termijn de volgende ontwikkelingen, die mogelijk als nieuwe geluidbeperkende maatregel in aanmerking komen:

- Geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel. Zoals reeds gezegd kan door middel van het slijpen van een spoor een geluidreductie worden gerealiseerd. De te bereiken geluidreductie hangt af van het gekozen slijpregime (hoe gladder, hoe stiller). Met slijpen als geluidmaatregel is op het Nederlandse spoorwegennet momenteel pas op twee trajecten ervaring opgedaan. De ambitie is om in de komende vijf jaar ruimer ervaring op te doen met deze techniek. Op basis van de resultaten kan in de daarop volgende periode worden overgegaan tot besluitvorming over vrijgave van de maatregel. Bij een grootschaligere vrijgave als geluidmaatregel zijn de langjarige contracten die gelden voor het slijpen van het spoor een punt van aandacht. Praktisch gezien ligt het voor de hand om te besluiten over vrijgave van de maatregel op het moment van afloop van een contractfase.
- DiffraCTOR. Voor railverkeer wordt momenteel ingezet op de ontwikkeling van een diffractor in combinatie met een laag geluidscherm. Als alle specificaties voor het scherm daarbij gelijk worden gehouden aan die van een scherm zonder diffractor, zijn er weinig praktische belemmeringen voor toepassing van deze maatregel. Omdat deze maatregel nog niet is toegepast in een praktijksituatie voor spoor, is het onwaarschijnlijk dat vrijgave binnen vijf jaar gerealiseerd kan worden. Het is echter wel mogelijk dat de diffractor binnen afzienbare tijd daarna beschikbaar is voor bredere vrijgave.



Inhoud

	Samenvatting	3
	Inhoud	7
1	Inleiding	9
2	Wettelijke achtergrond: minimumstandaard	10
2.1	Wettelijke basis	10
2.2	Consequenties	10
2.3	Stand van zaken	10
3	Wettelijke achtergrond: geluidbeperkende maatregelen	12
3.1	Wettelijke basis	12
3.2	Consequenties	12
3.3	Stand van zaken	13
4	Afwegingskader	14
4.1	Afweging	14
4.2	Minimumstandaard	14
4.3	Geluidbeperkende maatregelen	15
4.4	Financiële aspecten	15
4.5	Technische toepasbaarheid	17
4.6	Akoestische eigenschappen	17
4.7	Beheer en onderhoud	17
4.8	Herbruikbaarheid	18
4.9	Risico's	18
4.10	Ontwikkelfase (vanuit de markt)	18
4.11	Implementatiefase (vanuit de beheerder)	19
4.12	Afwegingskader voor minimumstandaard	20
4.13	Afwegingskader voor geluidbeperkende maatregelen	21
4.14	Scores	22
5	Wegverkeer	23
5.1	Werkwijze	23
5.2	Longlist maatregelen wegverkeer	23
5.3	Selectie	24
5.4	Shortlist maatregelen wegverkeer	24
5.5	Samenvatting akoestische eigenschappen wegdekken	25
5.6	Tweelaags ZOAB	26
5.7	Tweelaags ZOAB fijn	29
5.8	ZOAB met een fijne gradering	31
5.9	Dunne deklagen	33
5.10	Geoptimaliseerd SMA	35
5.11	Diffraactor	37
6	Railverkeer	40
6.1	Inleiding	40
6.2	Longlist van maatregelen voor railverkeer	40
6.3	Selectie	41
6.4	Shortlist van maatregelen voor railverkeer	42

6.5	Raildemper	43
6.6	Verlagen van de railruwheid	44
6.7	Minischerm	48
6.8	Diffractor	50
7	Conclusies	52
8	Referenties	54

1 Inleiding

Eén van de pijlers van hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer (Wm), is het bevorderen van bronbeleid aan de infrastructuur. Bronmaatregelen zijn kostenefficiënt en bewerkstelligen een geluidreductie aan beide zijden van de (spoor)weg, ook op grotere afstand van de geluidbron. Bijkomend voordeel is dat bronmaatregelen, in tegenstelling tot geluidschermen, geen visuele bezwaren oproepen.

De uitwerking van dit bronbeleid is zichtbaar in de 'minimale akoestische kwaliteit' (art. 11.3 Wm). Bij aanleg of vervanging van een weg of spoorweg moet (minimaal) aan deze kwaliteit worden voldaan, tenzij er technische bezwaren bestaan. Een verdere stimulans van het bronbeleid bestaat uit een vijfjaarlijkse evaluatie van de vastgestelde akoestische kwaliteit. Als er binnen de stand der techniek een stillere minimumstandaard mogelijk is, kan deze als nieuwe norm worden overwogen. Maatregelen die een verdergaande geluidreductie realiseren en die als de stand van de techniek worden beschouwd, staan in bijlage 3 van de Regeling geluid milieubeheer (Rgm). Deze zogenoemde 'geluidbeperkende maatregelen' worden in aanmerking genomen in situaties waar meer geluidreductie is vereist dan de minimumstandaard. De financiële doelmatigheid van deze maatregelen wordt dan getoetst door middel van het wettelijk vastgestelde doelmatigheidscriterium.

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft M+P opdracht gegeven om in het kader van de vijfjaarlijkse evaluatie de stand der techniek betreffende geluidmaatregelen voor weg- en railverkeer in kaart te brengen.

Doel van deze evaluatie is tweeledig:

- Het beantwoorden van de vraag of er een maatregel of technologie beschikbaar is die in de komende vijf jaar als nieuwe minimumstandaard aangewezen zou kunnen worden;
- Het onderzoeken of en in hoeverre de lijst met geluidbeperkende maatregelen in bijlage 3 van de Rgm nog past bij de huidige stand van de techniek en of we verwachten dat er binnen vijf jaar nieuwe maatregelen aan de lijst toegevoegd kunnen worden.

De evaluatie van de minimumstandaard is wettelijk verplicht (art. 11.3 lid 3 Wm), voor de eerste keer in 2017 en daarna ten minste één maal in de vijf jaar. De resultaten van de evaluatie zullen worden betrokken bij het actieplan van 2018, dit is eveneens wettelijk vastgelegd (art. 11.11 lid 3 Wm). Omdat de actieplannen iedere vijf jaar worden vastgesteld, zullen we in deze evaluatie ook een tijdshorizon van vijf jaar hanteren.

Deze rapportage vormt een overzicht van de relevante kennis die vanuit de literatuur en onze eigen onderzoeks- en adviespraktijk beschikbaar is, aangevuld met informatie die verstrekt is in interviews met een aantal experts vanuit het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat en ProRail.

2 Wettelijke achtergrond: minimumstandaard

2.1 Wettelijke basis

Op basis van de relevante wetsartikelen en de uitleg die hierover is gegeven in de Memorie van Toelichting, komen we tot de volgende interpretatie van het begrip 'minimumstandaard'.

De minimumstandaard is gebaseerd op een product dat breed toepasbaar is, zoals een bepaald wegdektype. Dit product wordt echter niet voorgeschreven, maar wel de geluidemissie die daarmee bereikt wordt (doelvoorschrift, geen middelvoorschrift). Het treffen van akoestisch gelijkwaardige alternatieven is dus ook toegestaan.

Voor de minimumstandaard zijn in de Memorie van Toelichting de volgende criteria genoemd:

- Het gaat om maatregelen die aansluiten bij de laatste stand van de techniek,
- De maatregelen moeten in het algemeen toepasbaar zijn, en
- De maatregelen gaan gepaard met financieel aanvaardbare meerkosten.

Naast de term 'minimumstandaard' wordt in de wetsteksten hiervoor ook de term 'akoestische kwaliteit' gebruikt.

2.2 Consequenties

Wettelijk is vastgelegd dat een weg of spoorweg die wordt aangelegd of vervangen, moet voldoen aan de akoestische eisen van de minimumstandaard (art. 11.3 Wm). Er vindt daarbij geen toetsing van de financiële doelmatigheid plaats. Dit betekent dat de minimumstandaard ook wordt toegepast op locaties waar geen geluidgevoelige objecten zijn.

Verder is vastgelegd dat een GPP niet op verzoek van de beheerder kan worden verhoogd als niet is voldaan aan de bovengenoemde verplichting (art. 11.28 lid 2 sub a Wm).

De verplichting om te voldoen aan de minimumstandaard geldt niet als daartegen een overwegend bezwaar bestaat van technisch aard.

2.3 Stand van zaken

De akoestische kwaliteit is vastgelegd in artikel 7 van het Besluit geluid milieubeheer (Bgm).

De akoestische kwaliteit voor wegverkeer is zodanig dat de geluidproductie niet meer bedraagt dan die vanwege een weg met een wegdek dat bestaat uit zeer open asfaltbeton (ZOAB). Momenteel heeft 66% van het rijkswegennet een ZOAB-wegdek. Daarnaast heeft 17% van het rijkswegennet een poreuze deklaag die even stil of stiller is dan ZOAB. In totaal voldoet daarmee circa 85% van het rijkswegennet aan de akoestische kwaliteit zoals gespecificeerd in het Besluit geluid milieubeheer.

De akoestische kwaliteit voor railverkeer is zodanig dat de geluidproductie niet meer bedraagt dan die vanwege een spoorweg met een constructie die bestaat uit langgelast spoor in een ballastbed op betonnen dwarsliggers. Momenteel is dit de constructie voor 70% van het netwerk.

Opgemerkt dient te worden dat deze beschrijving in akoestische termen tekort schiet. Relevante parameters als steengradering en laagdikte van het ZOAB en ingeval van spoor, de railimpedantie (stijfheid) en railruwheid, zijn niet gedefinieerd.



We merken tevens op dat in internationaal opzicht het Nederlandse ZOAB, met een grove gradering (oftewel steengrootte) van 6/16 mm, gezien kan worden als een buitenbeentje. In andere Europese landen waar ZOAB wordt toegepast, zijn fijnere graderingen van 4/11 of 4/8 mm gebruikelijk.

3 Wettelijke achtergrond: geluidbeperkende maatregelen

3.1 Wettelijke basis

In de systematiek van de Wm, hoofdstuk 11, hebben de zogenoemde 'geluidbeperkende maatregelen' een centrale rol. De term geluidbeperkende maatregelen wordt gebruikt om die maatregelen aan te duiden, die in elk geval in aanmerking worden genomen in situaties waar verdergaande geluidreductie ten opzichte van de minimumstandaard vereist is. Bij de overweging of geluidbeperkende maatregelen worden toegepast, wordt een financiële doelmatigheidstoets gedaan.

De geluidbeperkende maatregelen zijn aangewezen in de Regeling geluid milieubeheer (Rgm), bijlage 3. Het gaat alleen om bron- en overdrachtsmaatregelen.

Over de vraag welke maatregelen worden aangewezen als geluidbeperkende maatregel, zegt de Memorie van Toelichting het volgende (MvT, 32252, nr 3, pg. 92):

"Aangewezen zullen worden maatregelen die gangbaar en goed toepasbaar zijn, met andere woorden maatregelen die kunnen worden aangemerkt als «best beschikbare technieken». Dit is binnen het systeem van de wet essentieel, aangezien bij de toepassing van meerdere artikelen uitdrukkelijk alleen deze «best beschikbare technieken» in aanmerking (behoeven te) komen (zoals bij de artikelen 11.29 en 11.30). Door aanwijzing van de «best beschikbare technieken» wordt bereikt dat bij de toepassing van deze artikelen geen rekening behoeft te worden gehouden met andere, minder gangbare geluidbeperkende maatregelen, die ofwel te kostbaar zijn (bijvoorbeeld ondertunneling of overkapping van een weg of spoorweg) ofwel zichzelf nog niet in de praktijk hebben bewezen (bijvoorbeeld een nieuw type asfalt, waarvan de verkeersveiligheid nog nader dient te worden onderzocht). De aanwijzing van «best beschikbare technieken» bij ministeriële regeling biedt de mogelijkheid snel in te spelen op nieuwe technieken en mogelijkheden."

De kernvraag bij de aanwijzing van geluidbeperkende maatregelen is dus de vraag of de maatregel valt onder de categorie 'best beschikbare technieken'.

3.2 Consequenties

De geluidbeperkende maatregelen vormen de selectie van maatregelen die 'automatisch' worden afgewogen in situaties waar de geluidbelasting de toetswaarde overschrijdt. In beginsel wordt een dergelijke overschrijding ongedaan gemaakt door het treffen van een geschikte geluidbeperkende maatregel, tenzij is aangetoond dat dat financieel niet doelmatig is, of dat er overwegende bezwaren zijn tegen de maatregel. Als een maatregel stuit op overwegende bezwaren van stedenbouwkundige, verkeerskundige, vervoerskundige, landschappelijke of technische aard, kan deze achterwege worden gelaten.

Het toepassen van een maatregel die niet is aangewezen als geluidbeperkende maatregel, is bij een wijziging van GPP's mogelijk op uitdrukkelijk verzoek van de beheerder (art. 11.29, lid 3 Wm). Ook ter voorkoming van een overschrijdingsbesluit worden de maatregelen die niet zijn aangewezen als geluidbeperkende maatregel in overweging genomen.

De aanwijzing van een nieuwe geluidbeperkende maatregel zal in de praktijk betekenen, dat deze maatregel op veel grotere schaal zal worden toegepast.



3.3 Stand van zaken

Op dit moment zijn de geluidbeperkende maatregelen aangewezen, zoals gepresenteerd in tabel I.

tabel I *Geluidbeperkende maatregelen uit de Rgm, bijlage 3*

Type geluidbeperkende maatregel	wegverkeer	railverkeer
bronmaatregelen	<ul style="list-style-type: none">▪ tweelaags ZOAB▪ dunne deklaag	<ul style="list-style-type: none">▪ raildemper
overdrachtsmaatregelen	<ul style="list-style-type: none">▪ geluidscherm▪ geluidwal▪ middenbermscherm▪ schermtop	<ul style="list-style-type: none">▪ geluidscherm▪ geluidwal▪ scherm tussen sporen
overige geluidbeperkende maatregelen	n.v.t.	<ul style="list-style-type: none">▪ aanpassen en vervangen van een spoorbrug

In bijlage 3 van de Rgm is daarnaast opgenomen welke randvoorwaarden gelden voor de genoemde maatregelen. Ook is aangegeven hoeveel maatregelpunten er voor een maatregel worden toegepast binnen het doelmatigheidscriterium. De maatregelpunten zijn dimensieloze eenheden, die in de doelmatigheidsafweging representatief zijn voor de kosten van die maatregel.

Voor de bronmaatregel 'dunne deklaag' merken we op dat niet is gespecificeerd om welk type dunne deklaag het gaat. Qua akoestische eigenschappen worden dunne deklagen onderverdeeld in de categorieën dunne deklagen A en dunne deklagen B, waarbij de laatstgenoemde de meeste geluidreductie heeft.

4 Afwegingskader

4.1 Afweging

In de vorige twee hoofdstukken hebben we de wettelijke grondslag van de minimumstandaard en de geluidbeperkende maatregelen uiteengezet. De Memorie van Toelichting geeft enkele handvatten voor de definitie en uitleg van deze begrippen. In dit hoofdstuk maken we een uitwerking van een concreter afwegingskader. In het volgende hoofdstuk maken we een selectie van maatregelen die in aanmerking komen voor beide categorieën. Die maatregelen houden we vervolgens tegen het licht om na te gaan of ze passen binnen het beoordelingskader.

In de praktijk zijn voor het beoordelingskader voor zowel de minimumstandaard als voor de geluidbeperkende maatregelen dezelfde eigenschappen van de infrastructuur relevant. De criteria waaraan een maatregel getoetst wordt, zijn wel verschillend.

4.2 Minimumstandaard

Het kenmerk van de minimumstandaard is dat deze op (nagenoeg) het hele netwerk toepasbaar moet zijn zonder ingrijpende gevolgen voor de beheerder of de omgeving.

Voor de vaststelling van de minimumstandaard zijn daarom de kernvragen:

- Wat is de stand der techniek?
- Is een maatregel algemeen toepasbaar?
- Zijn de meerkosten voor de maatregel acceptabel?

Om na te kunnen gaan of een maatregel beschouwd kan worden als stand van de techniek, zullen we de volgende aspecten van de minimumstandaard nader invullen en vervolgens de maatregelen aan de hand van de genoemde criteria toetsen. De aspecten zijn:

- Financieel. Wat is het criterium voor financieel aanvaardbare meerkosten voor een nieuw vast te stellen minimumstandaard (ten opzichte van de huidige minimumstandaard)?
- Technisch. Wanneer is de maatregel algemeen toepasbaar, zodanig dat deze kan worden gezien als stand der techniek?
- Akoestisch. Moet een nieuwe minimumstandaard voldoen aan een akoestische eis, anders dan dat deze stiller is dan de huidige minimumstandaard? Zo ja, bij welke geluidreductie ten opzichte van de huidige minimumstandaard is het zinvol om de minimumstandaard bij te stellen?
- Beheer en onderhoud. Welke aspecten vanuit beheer en onderhoud (naast kosten) zijn relevant bij het vaststellen van een eventuele nieuwe minimumstandaard?
- Risico's. Welke overige risico's dienen we af te wegen voor een eventuele nieuwe minimumstandaard?
- Herbruikbaarheid (alleen voor asfalt). Wat zijn de kenmerken van het wegdek met betrekking tot hergebruik van het materiaal?
- Ontwikkefase. Is de maatregel voldoende uitontwikkeld en in de praktijk getest?
- Implementatiefase. Heeft de beheerder voldoende ervaring opgebouwd om de maatregel routinematig toe te kunnen passen?

4.3 Geluidbeperkende maatregelen

Voor de aanwijzing van een nieuwe geluidbeperkende maatregel is de kernvraag: behoort de maatregel bij de best beschikbare technieken?

Hierbij moet worden opgemerkt dat weliswaar dezelfde aspecten worden beschouwd als voor de minimumstandaard, echter dat de beoordeling voor een geluidbeperkende maatregel minder zwaar is. Voor het oplossen van knelpunten in projecten, met een geluidbeperkende maatregel, zijn bijvoorbeeld hogere meerkosten aanvaardbaar dan wanneer een maatregel over het gehele netwerk zou worden toegepast.

Om na te gaan of een maatregel beschouwd kan worden als stand van de techniek, zullen we de volgende aspecten nader invullen en vervolgens de maatregelen aan de hand van de genoemde criteria toetsten. Als een maatregel op al deze punten positief scoort, concluderen we dat in de komende vijf jaar besluitvorming mogelijk is over een aanwijzing van de maatregel als nieuwe geluidbeperkende maatregel.

- Financieel. Wat is het criterium voor acceptabele meerkosten voor een geluidbeperkende maatregel (ten opzichte van de op dat moment geldende minimumstandaard)?
- Technisch. Wanneer is de maatregel dusdanig breed toepasbaar dat deze kan worden gezien als best beschikbare techniek?
- Akoestisch. Bij welke geluidreductie ten opzichte van de minimumstandaard is het zinvol om een nieuwe geluidbeperkende maatregel aan te wijzen?
- Beheer en onderhoud. Welke aspecten vanuit beheer en onderhoud (naast kosten) zijn relevant bij het aanwijzen van een nieuwe geluidbeperkende maatregel?
- Risico's. Welke overige risico's dienen we af te wegen voor een eventuele nieuwe geluidbeperkende maatregel?
- Herbruikbaarheid (alleen voor asfalt). Wat zijn de kenmerken van het wegdek met betrekking tot hergebruik van het materiaal?
- Ontwikkelfase. Is de maatregel voldoende uitontwikkeld en in de praktijk getest?
- Implementatiefase. Heeft de beheerder voldoende ervaring opgebouwd om de maatregel routinematig toe te kunnen passen?

4.4 Financiële aspecten

Ten behoeve van deze evaluatie willen we objectieve criteria vaststellen voor het begrip 'acceptabele meerkosten'. Het gaat daarbij ten eerste om de vraag wat acceptabele meerkosten zijn voor een nieuwe minimumstandaard ten opzichte van de huidige minimumstandaard. Voor het tweede onderdeel van de evaluatie gaat het om de vraag wat acceptabele meerkosten zijn voor een geluidbeperkende maatregel ten opzichte van de (op dat moment geldende) minimumstandaard.

Als achtergrondinformatie ten behoeve van deze vragen gaan we na wat de (meer)kosten zijn geweest bij invoering van de huidige minimumstandaard en geluidbeperkende maatregelen en hoe deze in verhouding stonden tot het verwachte akoestische effect. Blijkbaar werden die meerkosten op dat moment acceptabel geacht.

Indien de kosten van een bepaalde maatregel niet bekend zijn, of sterk afhankelijk zijn van de situatie, kan overigens nog steeds worden overwogen om deze op te nemen in de Rgm, bijlage 3. Voor dergelijke maatregelen is een aparte categorie opgenomen. Tabel 3 uit bijlage 3 van de Rgm is gereserveerd voor maatregelen die wel als geluidbeperkende maatregel zijn aangewezen, maar

waarvoor geen maatregelpunten zijn gegeven. Voor dergelijke maatregelen wordt per situatie een kostenraming gemaakt.

Om een indruk te krijgen wat tot dusver als acceptabele meerkosten werd beschouwd, is hieronder de beschikbare informatie in beeld gebracht over de bestaande minimumstandaard en een aantal bestaande geluidbeperkende maatregelen.

Minimumstandaard

Voor de huidige minimumstandaard van zowel weg- als railverkeer geldt, dat deze werd gekozen om andere of meer redenen dan alleen geluid. In die zin zijn deze kosten niet per se representatief voor de huidige evaluatie. Voor ZOAB was het belangrijkste argument voor de brede invoering dat spat- en stuifwater worden verminderd door de porositeit van het wegdek. Dat komt de veiligheid ten goede. Ook wordt daardoor de capaciteit van de weg groter, doordat er bij slecht weer beter zicht is en er dichter op elkaar gereden kan worden. Tegelijkertijd werd, als bijkomend voordeel, een geluidreductie van circa 2 tot 4 dB bereikt.

Voor de introductie van ZOAB was dicht asfaltbeton (DAB) het gangbare wegdek voor het hoofdwegenet. In rapport [2] is een inschatting gemaakt van de kosten van DAB, ZOAB en tweelaags ZOAB, gemiddeld over een periode van dertig jaar. De kosten van ZOAB lagen in deze schatting 67% hoger dan die van DAB.

Voor railverkeer ging het bij de overgang naar de huidige minimumstandaard om de vervanging van houten door betonnen dwarsliggers en om de overstap van voegenspoor naar voegloos spoor. Ook hiervoor geldt dat de overstap niet in de eerste plaats vanwege geluid is gemaakt. Voor railverkeer is van houten op betonnen dwarsliggers overgestapt, omdat betonnen dwarsliggers een langere levensduur hebben en daarmee lagere onderhoudskosten. Ook het voegloos maken van het spoor verlaagde de onderhoudskosten. Het ging in feite dus om een kostenbesparing. Het bijkomende voordeel was een geluidreductie van circa 2 dB.

Geluidbeperkende maatregelen, wegverkeer

Hieronder zijn enkele voorbeelden gegeven naar de meerkosten van maatregelen die momenteel zijn aangewezen als geluidbeperkende maatregel. Deze informatie kan worden beschouwd als een indicatie voor wat in het verleden acceptabele meerkosten werden gevonden voor een geluidbeperkende maatregel.

- De meerkosten van tweelaags ZOAB ten opzichte van ZOAB werden bij vrijgave geschat op circa 25% [2]. De huidige schatting van deze meerkosten ligt overigens hoger, op circa 50%. Een deel van deze toename is overigens terug te voeren op de toegenomen levensduur van ZOAB (zie paragraaf 5.6).
- In [7] zijn de kosten van dunne deklagen vergeleken met die van ZOAB. Daar kwam uit dat, afhankelijk van de gerealiseerde levensduur, de kosten 30% lager tot 20% hoger kunnen zijn dan van ZOAB.

Voor de minimumstandaard geldt dat de keuze voor een andere maatregel van grote invloed kan zijn op de financiële positie van de beheerder. De minimumstandaard moet, in de loop van de tijd, immers overal worden aangelegd waar geen technisch bezwaar geldt. Wel moet bedacht worden, dat de uiteindelijke kosten voor gevelisolatie lager zullen uitpakken bij de aanscherping van de minimumstandaard. De geluidbelasting zal immers lager worden, terwijl de binnenwaarde die door middel van gevelisolatie bereikt moet worden gelijk blijft. Voor saneringsprojecten (waarbij een vaste streefwaarde bereikt moet worden), zullen ook minder geluidschermen vereist zijn als de minimumstandaard wordt aangescherpt.



4.5 Technische toepasbaarheid

Om een maatregel breed toe te kunnen passen, moeten de technische eigenschappen voldoende bekend zijn. Als er sprake is van overwegend technisch bezwaar, kan de beheerder afzien van toepassing van de minimumstandaard of van een geluidbeperkende maatregel.

Voor ZOAB zijn de omstandigheden waarin er technisch bezwaar is, vastgelegd in document [4]. Het gaat bijvoorbeeld om verbindingbogen / bochten met een boogstraal van minder dan 150 m, kruispunten, rotondes en verkeerspleinen.

Voor langgelast spoor met ballast en betonnen dwarsliggers zijn er geen technische bezwaren.

Voor een geluidbeperkende maatregel is het in principe geen bezwaar als deze niet in alle situaties kan worden toegepast. Dit kan immers worden aangegeven bij de randvoorwaarden. Als een situatie niet aan die randvoorwaarden voldoet, hoeft de maatregel ook niet te worden overwogen in het akoestisch onderzoek.

Voor de minimumstandaard is het wel wenselijk dat deze breed toepasbaar is.

4.6 Akoestische eigenschappen

Een voor de hand liggende eis voor een nieuw vast te stellen minimumstandaard is dat deze stiller zal moeten zijn dan de huidige minimumstandaard. Deze evaluatie komt immers voort uit de eerste pijler van SWUNG: het bevorderen van bronbeleid.

De vraag is of het wenselijk is om een aanvullend criterium te definiëren voor een nieuwe minimumstandaard, bijvoorbeeld dat deze minimaal een bepaald aantal dB's extra reductie moet realiseren. Wij kiezen er in deze analyse voor om dat niet vooraf te doen. Uiteraard heeft het in principe de voorkeur dat met een bijstelling van de minimumstandaard ook een significante geluidwinst wordt bereikt. Echter, ook een kleine geluidwinst geeft invulling aan het bronbeleid, met name als deze zeer breed wordt toegepast. Of het zinvol is om een minimumstandaard bij te stellen voor slechts een kleine geluidwinst, hangt af van de andere eigenschappen van de maatregel. Indien die vergelijkbaar zijn of een bepaalde verbetering met zich meebrengen, kan bijstelling van de minimumstandaard nog steeds zinvol zijn. We zullen daarom de akoestische eigenschappen van de maatregelen steeds in samenhang met de andere eigenschappen beschouwen.

Voor een nieuwe geluidbeperkende maatregel geldt dat deze stiller zal moeten zijn dan de minimumstandaard. Als er op enig moment een nieuwe minimumstandaard wordt aangewezen, zullen de huidige en eventuele nieuwe geluidbeperkende maatregelen getoetst moeten worden aan dit criterium. Ook voor de geluidbeperkende maatregelen geldt dat we de akoestische eigenschappen in combinatie met de andere eigenschappen beschouwen.

4.7 Beheer en onderhoud

Bij de beoordeling van de maatregel gaan we na of er vanuit beheer en onderhoud bezwaren zijn tegen de maatregel (naast eventuele kosten). Het gaat dan bijvoorbeeld om de vraag of er vaker werkzaamheden aan de weg of spoorweg moeten plaatsvinden, waardoor het verkeer gehinderd wordt. Ook andere relevante eigenschappen zoals gladheidsbestrijding, mogelijkheid voor (geautomatiseerd) inspectie stroefheid en rolweerstand zijn relevant voor deze evaluatie.

4.8 Herbruikbaarheid

Een thema dat specifiek voor asfalt sterk in de belangstelling staat, is het hergebruik van materialen. Verschillende asfalttypen hebben verschillende kenmerken met betrekking tot de recyclebaarheid van de stenen en andere materialen uit het asfalt.

Omdat dit thema specifiek voor asfalt een rol speelt en daarover ook voldoende gegevens bekend zijn, zullen we voor de wegdekken dit aspect beschouwen in het afwegingskader. Voor de andere typen maatregelen is hierover geen informatie beschikbaar, of is de herbruikbaarheid minder relevant en zullen we deze categorie niet behandelen.

4.9 Risico's

Het is relevant om na te gaan of een maatregel onaanvaardbare risico's oplevert. Het gaat dan bijvoorbeeld om veiligheid van de verkeersdeelnemers en omwonenden en de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van de infrastructuur. Ook risico's met betrekking tot de aanleg van een maatregel, schadegevoeligheid, de levensduur en de akoestische eigenschappen beschouwen we binnen deze categorie.

Een praktisch punt is de vraag of de maatregel door meerdere partijen kan worden aangelegd. Dit is van belang in verband met aanbestedingsregels.

4.10 Ontwikkelfase (vanuit de markt)

Voor het beoordelen van de ontwikkelfase sluiten we aan bij de 'technology readiness level'. Deze schaal wordt breed toegepast om de ontwikkelfase van een product te categoriseren. Het gaat hierbij om de marktontwikkeling van producten, gezien vanuit de producenten. In de volgende paragraaf (4.11) zullen we vervolgens ingaan op de stappen die bij een beheerder moeten worden doorlopen voordat deze een product vrij kan geven voor brede toepassing binnen zijn beheergebied.

In de technology readiness level worden de volgende negen categorieën onderscheiden:

- *Level 1:* Het innovatieve idee en de basisprincipes worden onderzocht. Denk hierbij aan fundamenteel onderzoek en deskresearch.
- *Level 2:* Het technologisch concept en de praktische toepassingen worden geformuleerd. In deze fase vindt experimentele en/of analytische studie plaats.
- *Level 3:* De toepasbaarheid van het concept wordt op experimentele basis onderzocht (experimenteel proof of concept). Hypotheses over verschillende componenten van het concept worden getoetst en gevalideerd.
- *Level 4:* Proof of concept wordt op labschaal getest: design, ontwikkeling en het testen van technologische componenten vinden plaats in een lab-omgeving. Ontwikkeling prototype. Technische basiscomponenten worden geïntegreerd met elkaar om de werking te garanderen. Een prototype dat in deze fase wordt ontwikkeld kost relatief weinig geld en tijd om te ontwikkelen en is daarmee nog ver verwijderd van een definitief product, proces of dienst.
- *Level 5:* De werking van het technologisch concept wordt onderzocht in een relevante omgeving (validatie in pilot). Dit is de eerste stap in demonstratie van de technologie. Een prototype dat in deze fase wordt ontwikkeld kost relatief veel tijd en geld om te ontwikkelen en is niet ver verwijderd van het uiteindelijke product of systeem.
- *Level 6:* De demonstratie van het concept in een relevante omgeving. Dit vindt plaats na de technische validatie in een relevante (pilot) omgeving. Een prototype wordt uitgebreid getest en gedemonstreerd in een testopstelling, die lijkt op een operationele omgeving.
- *Level 7:* De demonstratie van het concept vindt plaats in een gebruikersomgeving; bewijzen van de werking in een operationele omgeving. Demonstratie van het concept in een



praktijkomgeving levert nieuwe inzichten op voor de definitieve markttoepassing van een product, proces of dienst.

- **Level 8:** In deze fase vindt het concept zijn definitieve vorm. De technologische werking is getest en bewezen en voldoet aan gestelde verwachtingen, kwalificaties en normen (certificering). Daarnaast zijn ook de financiële kaders voor (massa)productie en lancering bepaald.
- **Level 9:** Het concept is technisch en commercieel gereed; productierijp en klaar voor lancering in de gewenste marktomgeving. Nu het totale ontwikkelingsproces is afgerond is de volgende stap het commercieel wegzetten van een product bij de gewenste doelgroep in de juiste markt.

Voor sommige maatregelen die we onderzoeken, is de ontwikkelfase internationaal gezien anders dan de Nederlandse situatie. Daar waar het relevant is, zullen we deze splitsing maken.

4.11 Implementatiefase (vanuit de beheerder)

Het hierboven beschreven proces (paragraaf 4.10) beschrijft de stappen in de ontwikkeling van een product tot het moment dat het gereed is voor lancering in de markt. Voor de maatregelen die we in dit rapport beschouwen is het voltooiën van deze marktontwikkeling echter niet voldoende om de maatregel ook op grote schaal te implementeren door de weg- of spoorbeheerder. Daarvoor is het eerst noodzakelijk dat de betreffende beheerder voldoende kennis van en ervaring met de toepassing van de maatregel heeft. Een te vroege vrijgave van een maatregel waarvan de eigenschappen onvoldoende bekend zijn, kan immers risico's met zich meebrengen, bijvoorbeeld op het gebied van kosten of imagoschade. Voorafgaand aan een grootschalige vrijgave is het daarom noodzakelijk dat de beheerder over de benodigde vaardigheid beschikt om de maatregel routinematig toe te passen.

Voordat het product gereed is voor implementatie, moet eerst bewezen worden dat het product ook geschikt is voor het toepassingsgebied van deze beheerder. Er kan niet vooraf vanuit worden gegaan dat toepassing door andere beheerders of in het buitenland daarvoor voldoende garantie biedt. De aanlegkosten, onderhoudsbehoefte en instandhoudingskosten moeten afdoende bekend zijn. Ook moet de beheerder in staat zijn om de juiste specificaties te formuleren in aanbestedingen. Vanuit aanbestedingsregels moet er rekening mee worden gehouden dat het product door meerdere marktpartijen geleverd moet kunnen worden. Het is van belang dat de beheerder ook voor de langere termijn de kosten van de maatregel in kan schatten om de toekomstige budgetten met voldoende nauwkeurigheid te kunnen vaststellen. Dit betekent dat ook de levensduur van een maatregel met voldoende nauwkeurigheid bekend moet zijn.

We maken in dit rapport onderscheid tussen de volgende implementatiefasen:

- **Geen ervaring.** Het product is weliswaar op de markt verkrijgbaar en elders ook in de praktijk toegepast, maar de betreffende beheerder heeft het zelf nog niet toegepast.
- **Onderzoeksfase.** De beheerder heeft de maatregel één of meerdere keren toegepast in een testopstelling. Deze proeven zijn uitsluitend bedoeld om de relevante eigenschappen van de maatregel in kaart te brengen en om ervaring op te doen met de toepassing. De proeven zijn vrijblijvend van karakter, dat wil zeggen dat er voor de betreffende proeflocatie geen wettelijke verplichting naar omwonenden toe is voor het behalen van een bepaalde geluidreductie.
- **Experimentele fase.** De beheerder heeft de maatregel één of meerdere keren toegepast, waarbij er ook een wettelijke verplichting verbonden is aan de geluidreducerende werking van de maatregel. Dit is het geval als de maatregel is toegepast om een nalevingsknelpunt te voorkomen of wanneer de maatregel in een project wordt toegepast.
- **Gereed voor implementatie.** De beheerder heeft voldoende ervaring opgebouwd en heeft zich een oordeel gevormd of de maatregel geschikt is voor bredere toepassing voor het (spoor)wegennet dat binnen zijn beheer valt. Op het moment dat de maatregel als implementatiegereed wordt aangemerkt, moeten ook de eigenschappen voldoende bekend zijn om de juiste specificaties aan de markt uit te vragen en om voldoende kwaliteit te garanderen.

In de onderzoeksfase en/of de experimentele fase kan ook blijken dat de maatregel niet geschikt is voor de betreffende beheerder, bijvoorbeeld omdat de kosten, de levensduur of de akoestische prestaties tegen blijken te vallen. In dat geval is de conclusie dat de maatregel niet wordt vrijgegeven en wordt de fase 'implementatiegereed' niet bereikt. Voor bronmaatregelen kan de conclusie ook zijn dat deze wel geschikt zijn als geluidbeperkende maatregel, maar niet geschikt als minimumstandaard. De maatregel is dan wel geschikt om specifieke knelpunten op te lossen, maar beschikt niet over de juiste eigenschappen voor toepassing over het gehele netwerk.

Het hoeft niet altijd zo te zijn dat de onderzoeksfase en de experimentele fase beide doorlopen worden. In de praktijk komt ook de situatie voor dat de beheerder er direct voor kiest om een maatregel in een project toe te passen. De onderzoeksfase wordt dan dus overgeslagen.

Ook merken we op dat de ontwikkelfase en de implementatiefase soms parallel aan elkaar worden doorlopen. In sommige gevallen is de beheerder al in een vroeg stadium betrokken bij de ontwikkeling van een product. Het komt regelmatig voor dat hij de infrastructuur in zijn beheer ter beschikking stelt als proeflocatie voordat het product ontwikkelfase 9 heeft bereikt.

4.12 Afwegingskader voor minimumstandaard

In deze evaluatie gaan we na of naar verwachting de minimumstandaard in de komende periode van vijf jaar aan bijstelling toe is. Hierboven zijn we nagegaan welke aspecten relevant zijn om de vraag te kunnen beantwoorden of een maatregel kan worden beschouwd als de stand der techniek, in het algemeen toepasbaar is en acceptabele financiële meerkosten heeft.

In tabel II zijn deze eisen vertaald naar een concreter beoordelingskader. Dit beoordelingskader is opgesteld in samenspraak met diverse experts binnen het Ministerie, Rijkswaterstaat en ProRail om te zorgen voor een gedragen standpunt.

tabel II *Afwegingskader voor de relevante aspecten voor de minimumstandaard*

aspect	criterium voor minimumstandaard
financieel	De acceptabele meerkosten voor een nieuwe minimumstandaard hangen af van de extra geluidreductie die wordt gerealiseerd en in hoeverre er ook op andere aspecten een verbetering wordt gerealiseerd. Voor een kleine geluidreductie (orde grootte 1 dB) stellen we voor dat de kosten niet hoger mogen zijn dan die van de huidige minimumstandaard. Indien een grotere geluidreductie wordt gerealiseerd, zijn hogere meerkosten mogelijk acceptabel, met name als de nieuwe maatregel ook andere voordelen biedt. Vanwege deze onderlinge koppeling, wordt er hier geen 'hard' criterium in getalswaarde aan toegekend, maar wordt per maatregel gemotiveerd of de meerkosten acceptabel zijn.
technisch	Een maatregel waarvan de voorwaarden voor technisch bezwaar vergelijkbaar zijn met de huidige minimumstandaard, is acceptabel.
akoestisch	Een nieuwe minimumstandaard moet stiller zijn dan de huidige minimumstandaard.
beheer en onderhoud	Een maatregel waarvan het beheer en onderhoud vergelijkbaar is met de huidige minimumstandaard, is in ieder geval acceptabel. Extra beheer en onderhoud is alleen acceptabel als daar een significante extra geluidreductie tegenover staat.
risico's	Risico's voor de veiligheid dienen niet hoger te zijn dan voor de huidige minimumstandaard. Risico's voor de betrouwbaarheid van de infrastructuur dienen voldoende beperkt te zijn.

aspect	criterium voor minimumstandaard
herbruikbaarheid (alleen voor asfalt)	Producten waarvoor de herbruikbaarheid vergelijkbaar of beter is dan de huidige minimumstandaard, zijn acceptabel.
ontwikkelfase	Alleen producten die in ontwikkelfase 9 zitten, komen in aanmerking als nieuwe minimumstandaard.
implementatiefase	Alleen producten die voor de beheerder implementatiegereed zijn, komen in aanmerking als nieuwe minimumstandaard.

4.13 Afwegingskader voor geluidbeperkende maatregelen

In het tweede deel van deze evaluatie gaan we na of er naar verwachting in de komende periode van vijf jaar nieuwe geluidbeperkende maatregelen kunnen worden toegevoegd aan de Rgm, bijlage 3. Hierboven zijn de aspecten genoemd die relevant zijn om te beoordelen of een maatregel hoort bij de best beschikbare technieken.

In tabel III zijn deze eisen vertaald naar een concreter afwegingskader.

tabel III *Beoordelingskader voor de relevante aspecten voor de geluidbeperkende maatregelen*

aspect	criterium voor geluidbeperkende maatregelen
financieel	Een maatregel waarvan de kosten vergelijkbaar zijn met één of meerdere van de huidige geluidbeperkende maatregelen, is in financieel opzicht acceptabel.
technisch	Een maatregel waarvan de voorwaarden voor technisch bezwaar vergelijkbaar zijn met de huidige minimumstandaard en geluidbeperkende maatregelen, is in ieder geval acceptabel. Indien een maatregel vaker technisch bezwaar oproept, kan deze nog steeds zinvol zijn als geluidbeperkende maatregel, zolang met deze maatregel lokale knelpunten effectief kunnen worden aangepakt.
akoestisch	Een nieuwe geluidbeperkende maatregel moet stiller zijn dan de (nieuwe) minimumstandaard. Indien een maatregel niet of nauwelijks meerkosten heeft, is een kleine geluidreductie voldoende. Als de meerkosten significant zijn, dient daar ook een significante geluidreductie tegenover te staan.
beheer en onderhoud	Een maatregel waarvan het beheer en onderhoud vergelijkbaar is met de huidige geluidbeperkende maatregelen, is in ieder geval acceptabel. Extra beheer en onderhoud is alleen acceptabel als daar een significante extra geluidreductie tegenover staat.
risico's	Risico's voor de veiligheid mogen niet hoger zijn dan voor de huidige geluidbeperkende maatregelen. Risico's voor de betrouwbaarheid van de infrastructuur dienen voldoende beperkt te zijn.
herbruikbaarheid (alleen voor asfalt)	Producten waarvoor de herbruikbaarheid vergelijkbaar of beter is dan de huidige geluidbeperkende maatregelen, zijn acceptabel.
ontwikkelfase	Producten die in ontwikkelfase 9 zitten, nemen we in nadere overweging als nieuwe geluidbeperkende maatregel. Voor producten in een lagere level dan level 9, moet de verwachting zijn dat ze binnen vijf jaar level 9 hebben bereikt.
implementatiefase	Producten die voor de beheerder implementatiegereed zijn, komen in aanmerking als nieuwe geluidbeperkende maatregel. Voor producten in de onderzoeksfase of experimentele fase moet de verwachting zijn dat ze binnen vijfjaar implementatiegereed zijn.

4.14

Scores

In de hoofdstukken 5 en 6 worden de relevante maatregelen beoordeeld op basis van het beschreven afwegingskader

Daarbij hanteren we het volgende scoresysteem per aspect:

score	betekenis
-	Maatregel scoort onvoldoende, voor dit aspect is deze (nog) niet geschikt als nieuwe minimumstandaard / nieuwe geluidbeperkende maatregel
0	Maatregel scoort neutraal
?	Voor dit aspect zijn de eigenschappen van de maatregel nog niet voldoende bekend om te kunnen beoordelen of deze geschikt is als minimumstandaard / geluidbeperkende maatregel
+	Maatregel scoort voldoende, voor dit aspect is de maatregel geschikt als nieuwe minimumstandaard / nieuwe geluidbeperkende maatregel

5 Wegverkeer

5.1 Werkwijze

In dit hoofdstuk gaan we als eerste na welke geluidreducerende maatregelen er voor wegverkeer op de markt of in ontwikkeling zijn. We noemen dit de longlist van maatregelen.

Als volgende stap gaan we na of er binnen deze lijst maatregelen zijn waarvan we op voorhand al kunnen concluderen dat ze voor deze evaluatie verder niet in aanmerking komen. Dat is het geval als er redenen zijn waarom de maatregel niet binnen een periode van vijf jaar beschikbaar is als mogelijke minimumstandaard of geluidbeperkende maatregel. Deze maatregel zullen we dan niet verder onderzoeken. Dat wil overigens niet per se zeggen dat de maatregel niet op langere termijn interessant is. We zullen de motivatie om een maatregel hier niet verder te beschouwen toelichten en tevens aanduiden wat het potentieel van de maatregel op langere termijn is.

De maatregelen die overblijven vormen de shortlist. Die maatregelen zullen we vervolgens in meer detail uitwerken en beoordelen op basis van het afwegingskader uit hoofdstuk 4.

5.2 Longlist maatregelen wegverkeer

Voor wegverkeer richt de huidige ontwikkeling van geluidmaatregelen zich sterk op de stille wegdekken. Als geluidbeperkende maatregel zijn momenteel twee typen aangewezen, namelijk tweelaags ZOAB en de dunne deklagen. Qua lopende ontwikkeling kijken we voor het opstellen van de longlist niet alleen naar de lopende ontwikkelingen voor Nederlandse rijkswegen, maar ook naar de ontwikkelingen voor lokale wegen en naar de buitenlandse ontwikkelingen.

De ontwikkeling richt zich op nieuwe varianten met verbeterde eigenschappen. Daarbij zijn er verschillende richtingen te onderscheiden:

- Eén doel is het verbeteren van de levensduur van stille wegdekken. Dit uit zich in de ontwikkeling van varianten met iets minder geluidreductie, maar een langere levensduur. Hieronder vallen de diverse producten met geoptimaliseerd SMA, die in de laatste jaren op de markt zijn gekomen voor stedelijke en provinciale wegen.
- Een tweede richting vormt het onderzoek naar varianten die juist een hogere geluidreductie bereiken. Het Ultrastil Wegdek is hier een voorbeeld van.
- Een derde richting is het verbeteren van de kostenefficiëntie van wegdekken. De ontwikkeling richt zich er dan op om eenzelfde of een betere geluidreductie te realiseren tegen lagere kosten. ZOAB met een fijne gradering valt onder deze categorie.

Qua overdrachtsmaatregelen richt de huidige ontwikkeling zich met name op de diffractor. Dit is een constructie naast de weg die ervoor zorgt dat het geluid wordt afgebogen.

Op basis van deze ontwikkelingen komen we tot de volgende longlist van geluidreducerende maatregelen voor wegverkeer die relevant zijn in het kader van de twee doeleinden van deze evaluatie. De maatregelen die al zijn aangewezen als geluidbeperkende maatregel zijn uiteraard alleen relevant als mogelijke nieuwe minimumstandaard.

De longlist voor wegverkeer bestaat uit:

- Tweelaags ZOAB
- Tweelaags ZOAB fijn
- ZOAB met een fijne gradering
- Dunne deklagen
- Geoptimaliseerd SMA
- Ultrastil Wegdek (USW)
- Diffractor

5.3

Selectie

Van de maatregelen op de longlist maken we een eerste selectie, de shortlist. De maatregelen waarvan op voorhand reeds duidelijk is dat ze niet binnen vijf jaar geschikt zijn voor brede toepassing, worden verder niet in beschouwing genomen.

De volgende maatregel is om deze reden niet nader uitgewerkt in de shortlist.

Ultrastil Wegdek

In 2014 is een proef gestart met het Ultrastil Wegdek (USW). Daarbij is als doel gesteld om te komen tot een wegdek met 10 dB geluidreductie (in de Nederlandse C_{wegdek} -systematiek) en een levensduur van tenminste zeven jaar. Om deze hoge geluidreductie te bereiken wordt gebruik gemaakt van een mengsel dat zowel poreus als elastisch is (PERS = Poro-Elastic Rubberized Surface).

Voor de langere termijn is het Ultrastil Wegdek een veelbelovende ontwikkeling. Proeven aan testsamples wezen op een geluidreductie van 8,5 tot 9,5 dB ten opzichte van dicht asfaltbeton. Dat komt overeen met een geluidreductie van 6,5 tot 7,5 dB ten opzichte van de huidige minimumstandaard, ZOAB. De proeven met het Ultrastil Wegdek zijn echter nog in een vroeg stadium. Er is momenteel slechts zeer beperkte informatie over de meerkosten, risico's en de verwachte levensduur. Dat maakt het zeer onwaarschijnlijk dat het product binnen vijf jaar voldoende uitontwikkeld is om brede toepassing mogelijk te maken.

Voor een langere termijn kan deze ontwikkeling wel interessant zijn voor aanwijzing als nieuwe geluidbeperkende maatregel. Omdat het gaat om een bronmaatregel met een hogere geluidreductie, kan deze op termijn geschikt worden voor inzet in de naleving.

5.4

Shortlist maatregelen wegverkeer

Op basis van de bovenstaande selectie van maatregelen, is de shortlist van maatregelen voor wegverkeer vastgesteld. In tabel IV zijn de geselecteerde maatregelen weergegeven. Deze lijst bevat zowel de maatregelen die in aanmerking komen als mogelijke minimumstandaard als de mogelijke nieuwe geluidbeperkende maatregelen.

tabel IV

Maatregelen die binnen een tijdshorizon van vijf jaar in aanmerking zouden kunnen komen als nieuwe minimumstandaard en/of als nieuwe geluidbeperkende maatregel voor wegverkeer

maatregel	komt in aanmerking voor:	
	minimum-standaard	geluidbeperkende maatregel
▪ Tweelaags ZOAB	X	
▪ Tweelaags ZOAB fijn		X
▪ ZOAB met een fijne gradering	X	X
▪ Dunne deklagen	X	X
▪ Geoptimaliseerd SMA		X
▪ Diffractoren		X

In de tabel is tevens aangegeven welke maatregel voor welke categorie in aanmerking is genomen. De motivatie voor deze keuze is hieronder toegelicht:

- Tweelaags ZOAB komt in deze evaluatie alleen in aanmerking als minimumstandaard, omdat het reeds is aangewezen als geluidbeperkende maatregel in bijlage 3 van de Rgm.
- Tweelaags ZOAB fijn is in deze evaluatie alleen overwogen als geluidbeperkende maatregel en niet als minimumstandaard. De reden daarvoor is dat dit wegdek een akoestische optimalisatie is van gewoon tweelaags ZOAB. Alhoewel deze maatregel in principe in aanmerking kan komen voor beide categorieën, ligt het voor de hand om het eerst als geluidbeperkende maatregel te overwegen. Een evaluatie of tweelaags ZOAB fijn geschikt is als eventuele minimumstandaard, is pas in een later stadium aan de orde.
- ZOAB met een fijne gradering is in deze evaluatie onderzocht voor zowel de minimumstandaard als geluidbeperkende maatregel. Qua ontwikkelingsproces zou ook hier de logische volgorde zijn om dit wegdektype eerst als geluidbeperkende maatregel aan te wijzen en in een later stadium als minimumstandaard te overwegen.
- De dunne deklagen zijn reeds aangewezen als geluidbeperkende maatregel. Daarbij is het gegeven relevant, dat er twee typen dunne deklagen in omloop zijn. Dunne deklagen A hebben daarbij een iets lagere geluidreductie en dunne deklagen B een iets hogere geluidreductie. Dunne deklagen A worden in de praktijk reeds regelmatig toegepast op niet-autosnelwegen als akoestisch gelijkwaardige variant van ZOAB. We analyseren of het zinvol is om in de lijst met geluidbeperkende maatregelen onderscheid te maken tussen deze twee categorieën en of het mogelijk is om dunne deklagen B als geluidbeperkende maatregel aan te wijzen.
- Geoptimaliseerd SMA is in deze evaluatie alleen onderzocht als geluidbeperkende maatregel. Omdat er nog geen enkele ervaring is met dit wegdektype op rijkswegen, is het niet realistisch om het in dit stadium te overwegen als minimumstandaard. In een later stadium van de ontwikkelfase en implementatiefase kan wel blijken dat het een relevante optie is als minimumstandaard op niet-autosnelwegen.
- De diffractor komt alleen in aanmerking als geluidbeperkende maatregel, omdat het een overdrachtsmaatregel is.

5.5 Samenvatting akoestische eigenschappen wegdekken

Eén van de relevante criteria in deze evaluatie betreft de akoestische eigenschappen van de maatregel. Alleen maatregelen die stiller zijn dan de huidige akoestische kwaliteit komen in aanmerking voor deze evaluatie.

Specifiek voor wegdekken geldt dat het geluidreducerend effect afhankelijk is van de voertuigcategorie en de voertuigsnelheid. In tabel V hebben we per wegdektype de geluidreductie weergegeven voor niet autosnelwegen (NASW) en voor autosnelwegen (ASW). Daarbij is zowel gekeken naar de geluidreductie voor lichte en zware motorvoertuigen afzonderlijk als naar de geluidreductie voor gemengd verkeer. Daarbij is voor gemengd verkeer een typische verkeerssamenstelling aangehouden:

- voor een niet-autosnelweg 90% lichte motorvoertuigen met 80 km/h en 10% zware motorvoertuigen met 70 km/h;
- voor een autosnelweg 70% lichte motorvoertuigen met 110 km/h en 30% zware motorvoertuigen met 85 km/h.

In de laatste kolom van tabel V is de aftrek weergegeven die conform artikel 5.11 van het Rekenmeetvoorschrift geluid 2012 wordt toegepast op de wegdekcorrectie. Deze aftrek wordt toegepast vanwege de verwachte effecten van de Europese aanscherping van de geluideisen aan banden. Deze aftrek is niet verwerkt in de geluidreducties die in de tabel worden genoemd.

De geluidreducties die zijn weergegeven in tabel V zijn gebaseerd op de zogenaamde C_{wegdek} , dat wil zeggen dat het gaat om de geluidreductie gemiddeld over de gehele levensduur.

tabel V

Geluidreductie per wegdektype voor enkele typische situaties

Maatregel	Geluidreductie (C_{wegdek}) ten opzichte van referentiewegdek [dB]						Aftrek art .5.11 [dB]
	NASW (80 / 70 km/h)			ASW (110 / 85 km/h)			
	100% lv	90% lv / 10% zv	100% zv	100% lv	70% lv / 30% zv	100% zv	
▪ ZOAB	-1,0	-1,3	-2,4	-2,0	-2,2	-2,4	1
▪ Tweelaags ZOAB	-4,3	-4,6	-5,2	-4,8	-4,9	-5,0	1
▪ Tweelaags ZOAB fijn	-6,3	-6,1	-5,5	-6,4	-6,0	-5,7	2
▪ ZOAB met een fijne gradering (PA-8)	-4,3	-4,1	-3,6	-5,9*	-4,9*	-4,0*	1
▪ Dunne deklagen A	-3,2	-2,5	-1,1	-3,6	-2,2	-1,1	2
▪ Dunne deklagen B	-4,6	-3,3	-1,1	-4,9	-2,6	-1,1	2
▪ SMA-NL 8G+	-3,1	-2,9	-2,3	-3,7*	-3,0*	-2,4*	2

* Wegdekcorrecties zijn bij deze snelheid niet vastgesteld; inschatting op basis van extrapolatie.

5.6

Tweelaags ZOAB

Tweelaags ZOAB is een wegdek dat bestaat uit een onderlaag met gradering (steengrootte) 11/16 en een toplaag met gradering 4/8. Het heeft een dikte van circa 7 cm. Tweelaags ZOAB is reeds opgenomen als geluidbeperkende maatregel in bijlage 3 van de Rgm. In deze evaluatie komt tweelaags ZOAB daarom alleen in aanmerking voor de minimumstandaard.



figuur 1 Zijaanzicht van een tweelaags ZOAB

▪ *Financieel*

Momenteel wordt uitgegaan van circa 50 % meerkosten ten opzichte van ZOAB (bron: bestand met kostenkennallen per 25-8-2016, ontvangen van Rijkswaterstaat GPO). Het gaat daarbij om de langjarig gemiddelde kosten van zowel aanleg als beheer en onderhoud.

Op het moment van de vrijgave van tweelaags ZOAB (2005) werden de kosten ongeveer 25% hoger geschat dan die voor ZOAB, gezien over de totale levensduur [2]. Dat betekent dat het percentage meerkosten van tweelaags ZOAB ten opzichte van ZOAB beduidend hoger is dan is aangenomen op het moment van vrijgave van tweelaags ZOAB. Een deel van deze toename is er overigens op terug te voeren dat de levensduur van ZOAB is toegenomen ten opzichte van de stand van kennis uit 2005. In document [2] is een verwachte levensduur van circa tien jaar gerapporteerd; in het actuele overzicht van kostenkennallen (2016) is voor ZOAB een verwachte levensduur van zeventien jaar aangegeven.

Door Rijkswaterstaat GPO zijn de meerkosten voor tweelaags ZOAB als minimumstandaard geschat op minimaal 100 miljoen euro per jaar.

Als geluidmaatregel is tweelaags ZOAB overigens wel vrijwel altijd kostenefficiënt, omdat daarmee duurdere geluidschermen geheel of gedeeltelijk kunnen worden uitgespaard. Dat betekent dat het als geluidbeperkende maatregel om lokale knelpunten op te lossen wel een kosteneffectieve oplossing is. Voor invoering over het gehele netwerk als minimumstandaard zijn de genoemde meerkosten echter wel aanzienlijk.

▪ *Technisch*

Tweelaags ZOAB wordt sinds de vrijgave in 2005 op substantiële schaal toegepast op het Nederlandse hoofdwegennet. Momenteel ligt er circa 800 kilometer tweelaags ZOAB (zie figuur 2). Voor tweelaags ZOAB geldt, net als voor ZOAB, technisch bezwaar op locaties met wringend verkeer, kunstwerken en viaducten. Daarnaast mag tweelaags ZOAB (in tegenstelling tot ZOAB) niet worden aangebracht op verbindingbogen en zwaar belaste weefvakken [1].



figuur 2

Locaties waar tweelaags ZOAB ligt op het rijkswegennet (stand van zaken ten behoeve van nalevingsverslag 2015)

- *Akoestisch*

Tweelaags ZOAB realiseert ten opzichte van ZOAB een extra geluidreductie van 2 à 3 dB, afhankelijk van de verkeerssamenstelling en voertuigsnelheid.

- *Beheer en onderhoud*

Op dichte deklagen is gladheid beter te bestrijden dan op open deklagen. Door de open structuur van ZOAB zakt pek in de poriën van de deklaag, waardoor meer en een betere verdeling van het zout nodig is. De gladheidsbestrijding op tweelaags ZOAB is vergelijkbaar met ZOAB. Op dit punt is er voor tweelaags ZOAB dus geen bezwaar ten opzichte van ZOAB. Na een aantal strenge winters is door aannemers aangegeven dat tweelaags ZOAB soms zelfs beter presteerde dan ZOAB.

Voor de levensduur van tweelaags ZOAB wordt volgens de laatste cijfers van Rijkswaterstaat GPO uitgegaan (augustus 2016) van dertien jaar, waarbinnen één keer levensduurverlengend onderhoud plaatsvindt. Voor ZOAB wordt uitgegaan van zeventien jaar. Dat betekent dat, bij een invoering van tweelaags ZOAB als minimumstandaard, over geheel Nederland vaker onderhoud en wegafsluitingen nodig zouden zijn.

Momenteel wordt gewerkt aan een geautomatiseerd systeem als alternatief voor het uitvoeren van visuele inspectie van de wegdekken op rijkswegen. Deze automatische inspectie is voor tweelaags ZOAB nog problematisch, doordat het nog niet mogelijk is om fijnere korrels te detecteren.

- *Risico's*

Tweelaags ZOAB mag alleen worden aangelegd bij gunstige weeromstandigheden, bij voorkeur tussen 1 mei en 1 oktober. Als daarvan wordt afgeweken, is er een aanzienlijk risico op een grotere schadegevoeligheid en daarmee voor de levensduur. Als bij het aanleggen van een tweelaagse constructie de warm-in-warm techniek wordt toegepast, verbetert dat de warmtecapaciteit en daarmee de levensduur van het asfalt. Deze techniek kan daarom worden ingezet om de risico's te beheersen.



- **Herbruikbaarheid**

Het materiaalgebruik van tweelaags ZOAB is circa anderhalf keer zo hoog als van ZOAB 6/16. Dat is negatief voor de duurzaamheid. Daarnaast kan het fijnere materiaal uit de toplaag nog niet worden hergebruikt (in onderlagen). Er wordt wel aan gewerkt om dit wel mogelijk te maken.

- **Ontwikkelfase**

Level 9

- **Implementatiefase**

Implementatiegereed.

tabel VI

Beoordeling tweelaags ZOAB

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	herbruikbaarheid	ontwikkelfase	implementatiefase
minimumstandaard	-	+	+	-	+	-	+	+

Op basis van de bovenstaande scores concluderen we dat tweelaags ZOAB binnen vijf jaar niet in aanmerking komt als nieuwe minimumstandaard. Er is sprake van significante meerkosten. Daarnaast zijn er belemmeringen op het gebied van beheer en onderhoud (met name visuele inspectie) en duurzaamheid.

5.7

Tweelaags ZOAB fijn

Tweelaags ZOAB met een fijne toplaag heeft een onderlaag met 11/16 gradering en een toplaag met gradering 2/6 of 2/4. Door de fijnere gradering wordt, vooral voor lichte motorvoertuigen, extra geluidreductie bereikt ten opzichte van 'gewoon' tweelaags ZOAB.

Het onderzoek naar de toepassing van tweelaags ZOAB fijn op het hoofdwegennet is, net als voor tweelaags ZOAB, gestart in 2004 met de aanleg van de zogenoemde ZEBRA-vakken. In dit experiment zijn op vier locaties steeds acht proefvakken aangelegd. Daarvan waren er steeds zes proefvakken met tweelaags ZOAB en twee proefvakken met tweelaags ZOAB fijn. Momenteel is tweelaags ZOAB fijn door Rijkswaterstaat gedoseerd vrijgegeven als geluidmaatregel. Tot 2020 mag maximaal 150 km tweelaags ZOAB fijn worden aangelegd.

Qua levensduur kan alleen een schatting gemaakt worden op basis van de vakken die intussen reeds vervangen zijn; dit is een beperkt aantal. Voor de volledigheid zijn de aanleg- en vervangingsdatum van de bij ons bekende vakken hieronder opgesomd:

A15 Leerdam (ZEBRA-vakken): 2004 - 2014
A59 Fijnaart (ZEBRA-vakken): 2004 - 2014
A326 Wijchen (provincie Gelderland): 2003 - 2012 (alleen toplaag vervangen)
A348 Rheden (provincie Gelderland): 2003 - 2013 (alleen toplaag vervangen)
N338 Doesburg (provincie Gelderland): 2006 - tot op heden niet vervangen

Op basis van de bovenstaande gegevens schatten we de levensduur van tweelaags ZOAB fijn op circa tien jaar. Daarbij moet uiteraard bedacht worden dat dit de levensduur is op basis van de technologie van tien tot vijftien jaar geleden. Het effect van eventuele technische ontwikkelingen sindsdien op de uiteindelijke levensduur is op dit moment nog niet bekend.

De ZEBRA-proefvakken op de A28 Staphorst en de A30 Ede zijn overigens niet in de bovenstaande lijst opgenomen. De vakken op de A28 zijn vroegtijdig vervangen vanwege het doorvoeren van een wegverbreding. De vakken op de A30 zijn weliswaar vroegtijdig vervangen, maar dat gold voor die locatie ook voor de reguliere tweelaags ZOAB vakken.

▪ *Financieel*

Momenteel wordt uitgegaan van circa 60 % meerkosten ten opzichte van ZOAB. (bron: bestand met kostenkennallen per 25-8-2016, ontvangen van Rijkswaterstaat GPO). Het gaat daarbij om de langjarig gemiddelde kosten van zowel aanleg als beheer en onderhoud. Dit is weliswaar iets meer dan voor tweelaags ZOAB, maar daar staat ook een hogere geluidreductie tegenover.

▪ *Technisch*

Op dit moment ligt op een aantal plaatsen tweelaags ZOAB fijn op het Nederlandse hoofdwegennet (A29 Barendrecht, A2 Everdingen - Deil). In totaal gaat het om circa 50 kilometer. Dit wegdektype wordt momenteel bijvoorbeeld toegepast in projecten waar extra geluidreductie nodig of wenselijk is of waar dit is toegezegd naar aanleiding van wensen uit de omgeving (project A13/A16). Vanuit Rijkswaterstaat is tweelaags ZOAB fijn gefaseerd vrijgegeven om te worden aangelegd met een maximum van 150 kilometer tot 2020. Het wordt momenteel met name gebruikt om specifieke knelpunten op te lossen, bijvoorbeeld ter voorkoming van een nalevingsknelpunt, ter voorkoming van een overschrijdingsbesluit of wanneer hierdoor de plaatsing van een (duurder) scherm kan worden voorkomen.

Voor tweelaags ZOAB fijn geldt, net als voor ZOAB en tweelaags ZOAB, technisch bezwaar op locaties met wringend verkeer, kunstwerken en viaducten. Daarnaast mag tweelaags ZOAB fijn niet worden aangebracht op verbindingbogen.

▪ *Akoestisch*

De geluidreductie van tweelaags ZOAB fijn ligt 4 à 5 dB hoger dan die van ZOAB (zie tabel V). Voor tweelaags ZOAB fijn geldt een aftrek van 2 dB vanwege stille banden; voor ZOAB is deze 1 dB. In akoestische onderzoeken zal de geluidbelasting bij tweelaags ZOAB fijn daarom 5 à 6 dB lager liggen dan bij ZOAB en circa 2 dB lager dan bij tweelaags ZOAB.

Opmerking: de akoestische achteruitgang (' C_{tijd} ' in de wegdekcorrecties) is vastgelegd op basis van een beperkt aantal wegvakken. Indien deze op enig moment zou worden bijgesteld, kan dat gevolgen hebben voor de naleving. Het vaststellen van de term C_{tijd} gebeurt bij voorkeur op basis van wegvakken die ouder zijn dan 75% van de verwachte levensduur. Indien er nog geen wegvakken beschikbaar zijn die al langer in gebruik zijn dan 75% van de verwachte levensduur, biedt het Reken- en meetvoorschrift de mogelijkheid om de C_{tijd} te bepalen op basis van tenminste vijf wegvakken die minstens vier jaar oud.

▪ *Beheer en onderhoud*

Qua gladheidsbestrijding is het vergelijkbaar met regulier tweelaags ZOAB.

Voor de levensduur van tweelaags ZOAB fijn wordt volgens de laatste cijfers van Rijkswaterstaat GPO uitgegaan (augustus 2016) van dertien jaar, waarbinnen één keer levensduurverlengend onderhoud plaatsvindt. Dit zijn echter nog voorlopige schattingen, omdat de wegdekken die in het kader van projecten zijn aangelegd nog relatief jong zijn. Een kortere levensduur betekent dat er vaker wegafsluitingen nodig zijn vanwege werkzaamheden.

Op basis van de eerdere experimenten aan de Zebrevakken schatten we de levensduur van tweelaags ZOAB fijn op circa tien jaar (zie tekst hierboven).

Momenteel maakt RWS per locatie een risico-afweging wat de inzet van tweelaags ZOAB fijn in dat specifieke project zou betekenen voor verkeershinder en beschikbaarheid van het netwerk.

- *Risico's*

Als risico's bij tweelaags ZOAB fijn worden met name de levensduur, risico's bij aanleg en de akoestische levensduur genoemd.

- *Herbruikbaarheid*

Kleinere materialen zijn moeilijker te hergebruiken. Ook moeten polymeren worden toegevoegd. Ook die kunnen niet worden hergebruikt. Voor recycling is dit wegdektype dus ongunstig in vergelijking met ZOAB 6/16.

- *Ontwikkefase*

Level 9

- *Implementatiefase*

Tweelaags ZOAB fijn zit voor Rijkswaterstaat in de experimentele fase. Voorafgaand daaraan is ook een onderzoeksfase doorlopen met de aanleg en monitoring van de ZEBRA-vakken. Vervolgens is tweelaags ZOAB fijn toegepast in een aantal projecten, waarbij er ook een wettelijke verplichting is om een bepaalde geluidreductie te realiseren. Er is een aantal aspecten waarover Rijkswaterstaat nadere informatie wil verzamelen is om dit product als 'implementatiegereed' te kunnen bestempelen (zie 'risico's).

tabel VII

Beoordeling tweelaags ZOAB fijn

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	herbruikbaarheid	ontwikkefase	implementatiefase
geluidbeperkende maatregel	+	+	+	?	-	-	+	-

Vanuit Rijkswaterstaat is aangegeven dat de ervaring met tweelaags ZOAB fijn momenteel nog onvoldoende is om deze aan te wijzen als geluidbeperkende maatregel. Er is nu nog te veel onzekerheid over de levensduur, de risico's en de akoestische achteruitgang.

Rijkswaterstaat wil tot 2020 maximaal 150 kilometer van dit wegdek aanleggen. Na afloop van deze fase zal worden nagegaan of voldoende informatie beschikbaar is om een besluit te nemen over vrijgave van de maatregel. Rijkswaterstaat geeft aan dat deze besluitvorming naar verwachting niet plaats zal vinden binnen een periode van vijf jaar, maar in de daarop volgende periode.

5.8

ZOAB met een fijne gradering

Op het Nederlandse hoofdwegennet wordt ZOAB aangelegd met een vrij grove gradering (6/16 mm). Het is echter ook mogelijk om een ZOAB wegdek aan te leggen met vergelijkbare porositeit maar een fijnere steengradering. Mogelijke graderingen die in de praktijk worden gebruikt zijn 4/8 of 4/11. In andere Europese landen, met name Frankrijk, Duitsland en Zwitserland, is deze gradering gebruikelijker dan de grovere Nederlandse variant.

Er zijn van dit wegdek verschillende varianten mogelijk, die van elkaar kunnen verschillen in gradering en laagdikte.

Op provinciale wegen wordt een variant van dit type wegdek in toenemende mate toegepast. De provincie Gelderland past op substantiële schaal het product PA 8G toe. Dit is een ZOAB-wegdek met een gradering van maximaal 8 mm en een laagdikte van 3,5 tot 4,5 cm.

Op Nederlandse rijkswegen is op één locatie (de A15) ervaring opgedaan met de variant OPA 8. OPA is de afkorting voor 'openporiger Asphalt'. Het gaat daar om een wegdek met een gradering van maximaal 8 mm en een grotere laagdikte van circa 6 cm.



figuur 3

Voorbeeld van de toepassing van PA 8G op de N317, Doetinchem - Etten

- *Financieel*

Er zijn momenteel nog geen gegevens bekend over de kosten van ZOAB met een fijne gradering op rijkswegen. De verwachting is dat ZOAB fijn een iets lagere geluidreductie bereikt dan tweelaags ZOAB tegen significant lagere kosten. De lagere kosten komen voort uit het feit dat er veel minder materiaal nodig is. Qua materiaalgebruik is de eerste verwachting dat de kosten vergelijkbaar zullen zijn met ZOAB 6/16; wel zullen er meerkosten zijn vanwege het gebruik van gemodificeerde bitumen. Om betrouwbare kostenkennalen te hebben, zou echter eerst nader onderzoek gedaan moeten worden en zouden betrouwbare cijfers beschikbaar moeten zijn voor de levensduur op Nederlandse rijkswegen.

- *Technisch*

Veel toegepast in Frankrijk, Duitsland en Zwitserland. In Nederland is op het rijkswegennet met het mengsel OPA 8 geëxperimenteerd op de A15 als alternatief voor tweelaags ZOAB. In Gelderland wordt op het provinciale wegennet ervaring opgebouwd met de variant PA 8G. Voor dat mengsel zijn recent ook wegdekcorrecties vastgesteld.

- *Akoestisch*

De geluidreductie van ZOAB met een fijne gradering is hoger dan die van ZOAB. In de Provincie Gelderland wordt type PA 8G toegepast als vervanging van tweelaags ZOAB. Ten opzichte van ZOAB wordt, bij de snelheden waarvoor wegdekcorrecties zijn vastgesteld, een extra geluidreductie van 2-4 dB gerealiseerd (zie tabel V). Voor OPA 8 zijn nog geen wegdekcorrecties vastgesteld. Voor ZOAB met een fijne toplaag wordt als stille bandenafrek 1 dB in mindering gebracht op de wegdekcorrectie, omdat de textuur vergelijkbaar is met die van tweelaags ZOAB.

In Europees verband is de akoestische teruggang van ZOAB 0/8 en 0/11 uit Duitsland, Frankrijk en Denemarken onderzocht [6]. In vergelijking met het Nederlandse ZOAB 6/16 werd daar gemiddeld een lagere achteruitgang per jaar gevonden.

Voor hogere snelheden zijn momenteel nog geen wegdekcorrecties vastgesteld.

- *Beheer en onderhoud*

Naar eerste verwachting vergelijkbaar met ZOAB of tweelaags ZOAB. Om hierover uitsluitsel te krijgen, zou het product echter eerst breder op rijkswegen moeten zijn toegepast.

- *Risico's*

Naar eerste verwachting vergelijkbaar met tweelaags ZOAB. Ook hiervoor zou eerst nader onderzoek nodig zijn om eventuele risico's uit te sluiten.

- *Herbruikbaarheid*

Kleinere materialen zijn moeilijker te hergebruiken. Ook moeten polymeren worden toegevoegd (vanwege het gebruik van gemodificeerde bitumen) om een acceptabele levensduur te realiseren. Ook die kunnen niet worden hergebruikt. Voor recycling is dit wegdektype dus ongunstig in vergelijking met ZOAB 6/16.

- *Ontwikkefase*

Level 9

- *Implementatiefase*

Dit product zit voor Rijkswaterstaat in de start van de experimentele fase. ZOAB met een fijne gradering is door Rijkswaterstaat pas in één project toegepast, namelijk op de A15. Het gaat om de variant OPA 8. In dit project geldt een wettelijke verplichting voor de geluidreductie. Conform het Tracébesluit moest hier tweelaags ZOAB worden aangelegd; dit OPA 8-wegvak is aangelegd als zijnde akoestisch equivalent aan tweelaags ZOAB.

tabel VIII

Beoordeling ZOAB met een fijne gradering

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	herbruikbaarheid	ontwikkefase	implementatiefase
minimumstandaard	?	+	+	+	?	-	+	-
geluidbeperkende maatregel	?	+	+	+	?	-	+	-

We verwachten niet dat ZOAB met een fijne gradering binnen vijf jaar voldoende zal zijn ontwikkeld om breed te worden toegepast op Nederlandse rijkswegen. Daarvoor is er momenteel nog te weinig ervaring met de toepassing op Nederlandse rijkswegen. Tegelijk signaleren we dat dit wegdektype op langere termijn wel een interessante kandidaat is als nieuwe geluidbeperkende maatregel of als nieuwe minimumstandaard. De ontwikkelingen in het buitenland en op Nederlandse provinciale wegen laten zien dat dit wegdek het potentieel heeft om met beperkte meerkosten een geluidreductie te realiseren ten opzichte van de huidige minimumstandaard. De aanbeveling is daarom om in de komende jaren meer ervaring op te doen met dit wegdektype en het product te optimaliseren voor toepassing op Nederlandse rijkswegen.

5.9

Dunne deklagen

In de huidige bijlage 3 van de Rgm staan de dunne deklagen genoemd als geluidreducerende maatregel. Dunne deklagen hebben een dikte van 2-3 cm en een gradering van maximaal 6 of 8 mm. De porositeit ligt lager dan die van ZOAB-wegdeken. Er wordt in de praktijk onderscheid gemaakt tussen dunne deklagen A en dunne deklagen B. Dunne deklagen B hebben de hoogste geluidreductie. In de Rgm bijlage 3 is niet aangegeven of het gaat om dunne deklagen A of B.

In de huidige praktijk wordt op niet-autosnelwegen vaak een dunne deklaag A aangelegd als akoestisch gelijkwaardig alternatief voor ZOAB. De toepassing van ZOAB is vaak niet wenselijk op

niet-autosnelwegen vanwege de snellere vervuiling van de poriën in de deklagen. Dunne deklagen B worden incidenteel op niet-autosnelwegen, op verzoek van een specifiek project en na verlenen van toestemming, toegepast in situaties waar extra geluidreductie is vereist. Daarnaast zijn dunne deklagen in het afgelopen decennium veelvuldig toegepast als geluidmaatregel op binnenstedelijke wegen.

In de volgende analyse gaan we als volgende stap na wat de stand van zaken is voor de technische ontwikkeling van dunne deklagen B. Mogelijk kan dit wegdek, na vrijgave, worden overwogen als nieuwe geluidbeperkende maatregel.

- *Financieel*

Momenteel wordt uitgegaan van circa 25 % meerkosten ten opzichte van ZOAB (bron: bestand met kostenkenticellen per 25 augustus 2016, ontvangen van Rijkswaterstaat GPO). Het gaat daarbij om de langjarig gemiddelde kosten van zowel aanleg als beheer en onderhoud.

- *Technisch*

Voor niet-autosnelwegen zijn dunne deklagen A vrijgegeven voor toepassing [7]. Voor autosnelwegen is dit niet het geval [8].

Met oog op de levensduur moeten dunne deklagen B niet toegepast worden in situaties met wrijvend verkeer. De omstandigheden waarvoor technisch bezwaar van toepassing is, zijn voor dunne deklagen vergelijkbaar met die van tweelaags ZOAB.

- *Akoestisch*

De geluidreductie van dunne deklagen B is voor gemengd verkeer circa 2 dB hoger dan die van ZOAB (zie tabel V). Voor dunne deklagen geldt een aftrek van 2 dB vanwege stille banden; voor ZOAB is deze 1 dB. In akoestische onderzoeken zal de geluidbelasting bij dunne deklagen B daarom 3 dB lager liggen dan bij ZOAB.

- *Beheer en onderhoud*

De gladheidsbestrijding op dunne deklagen is vergelijkbaar met die van andere poreuze deklagen [7].

Voor de levensduur van dunne deklagen A wordt volgens de laatste cijfers van Rijkswaterstaat GPO uitgegaan (augustus 2016) van dertien jaar, waarbinnen één keer levensduurverlengend onderhoud plaatsvindt. Voor dunne deklagen B heeft Rijkswaterstaat geen betrouwbare cijfers beschikbaar van de levensduur. In feite is het risico voor de levensduur op dit moment een zwaar argument om de dunne deklagen B niet vrij te geven. Als de levensduur tegenvalt, leidt dit tot hogere kosten voor beheer en onderhoud.

Op het moment van de vrijgaven van dunne deklagen A werd de levensduur in [7] geschat op tien tot vijftien jaar.

- *Risico's*

Om een goede kwaliteit te kunnen waarborgen moeten dunne deklagen worden aangelegd binnen het aanlegseizoen van open deklagen. Voor dunne deklagen geldt daarbij het zelfde venster als voor tweelaags ZOAB. Dunne deklagen hebben minder reductie van spat- en stuwwater dan een ZOAB-wegdek. Dit is de reden dat ze niet geschikt zijn voor toepassing op autosnelwegen.

- *Herbruikbaarheid*

Hiervoor geldt hetzelfde als voor de fijne toplagen van tweelaags ZOAB en tweelaags ZOAB fijn. De fijnere materialen kunnen nog niet worden hergebruikt in onderlagen.

- *Ontwikkelfase*

Level 9



▪ **Implementatiefase**

Experimentele fase. Dunne deklagen B zijn in een aantal projecten op niet-autosnelwegen toegepast op speciaal verzoek vanuit het project.

tabel IX

Beoordeling dunne deklagen B

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	herbruikbaarheid	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
geluidbeperkende maatregel	?	+	+	?	?	-	+	-

Dunne deklagen B worden reeds in projecten op niet-autosnelwegen toegepast op speciaal verzoek vanuit het project. Ze zijn door de Rijkswaterstaat nog niet vrijgegeven. De reden hiervoor is voornamelijk dat er nog niet voldoende kennis is over de levensduur en daarmee de kosten. Omdat dunne deklagen B wel af en toe worden toegepast in projecten, zal de komende jaren de kennis en ervaring hiermee worden opgebouwd. Omdat ze alleen worden toegepast op niet-autosnelwegen, betreft het een beperkt aantal locaties waar toepassing aan de orde is. De verwachting is daarom dat in de komende vijf jaren nog geen besluit zal worden genomen over de vrijgave van dunne deklagen B. Een eventuele aanwijzing als geluidbeperkende maatregel is pas aan de orde na vrijgave.

5.10

Geoptimaliseerd SMA

In de laatste vijf jaar zijn de geoptimaliseerde SMA's sterk in opkomst als nieuw wegdektype. Het gaat om wegdekken die meestal iets minder geluidreductie hebben dan een dunne deklaag, maar die een betere verwachting hebben qua levensduur. Momenteel worden deze wegdekken voornamelijk toegepast op binnenstedelijke en provinciale wegen. Voor de huidige evaluatie is dit wegdektype alleen relevant voor toepassing op niet-autosnelwegen. Voor autosnelwegen ligt dit wegdektype niet voor de hand, omdat het minder porositeit en daardoor minder reductie van spat- en stofwater heeft dan ZOAB.

In de Regeling doelmatigheid geluidmaatregelen Wet geluidhinder, is recent de categorie 'SMA' toegevoegd als geluidbeperkende maatregel. In die regeling staat het doelmatigheidscriterium dat wordt toegepast voor het decentrale wegennet. In deze regeling of in de Memorie van Toelichting is niet gespecificeerd om welke type SMA het gaat; SMA 0/8, SMA 0/5 of de geoptimaliseerde SMA's.

Voor de huidige evaluatie komen alleen wegdekken in aanmerking die stiller zijn dan ZOAB. SMA 0/5 en SMA 0/8 produceren meer geluid dan ZOAB; dat betekent dat alleen geoptimaliseerd SMA voor deze evaluatie relevant is.

Er zijn verschillende producten op de markt die binnen deze categorie vallen. De meeste daarvan zijn fabrikant-gebonden producten. Voor niet alle producten zijn de wegdekcijfers voor alle voertuigcategorieën vastgesteld. Om een inschatting te maken van de akoestische eigenschappen, zijn we voor deze evaluatie uitgegaan van het product SMA-NL 8G+, dat is ontwikkeld door de Provincie Gelderland. Dit product kan door iedere aannemer worden aangelegd en de wegdekcijfers zijn vastgesteld voor zowel lichte als (middel)zware motorvoertuigen.

Qua civieltechnische eigenschappen ligt het geoptimaliseerd SMA tussen een 'normaal' SMA en een dunne deklaag in. De verwachting is dat dit wegdek ook qua levensduur en andere relevante

eigenschappen daar tussen in zal liggen. Momenteel zijn er, met name op provinciale wegen, nog diverse proeven gaande om de levensduur te verbeteren.

▪ *Financieel*

Vanwege de langere verwachte levensduur ten opzichte van een dunne deklaag, verwachten we dat geoptimaliseerd SMA ook goedkoper zal zijn dan een dunne deklaag. De materiaalkosten voor geoptimaliseerd SMA liggen ongeveer 15% hoger dan voor standaard SMA.

▪ *Technisch*

Geoptimaliseerd SMA is iets beter bestand tegen wringend verkeer dan wegdekken met een hogere porositeit. Deze wegdekken worden ook op (binnenstedelijke) kruispunten toegepast. Op rijkswegen is er nog geen ervaring.

▪ *Akoestisch*

De geluidreductie is 0 tot 2 dB hoger dan die van ZOAB, afhankelijk van snelheid en verkeerssamenstelling (zie tabel V). Voor SMA NL 8G+ geldt een aftrek van 2 dB vanwege stille banden; voor ZOAB is deze 1 dB. In akoestische onderzoeken zal de geluidbelasting met geoptimaliseerd SMA daarom 1 tot 3 dB lager liggen dan bij ZOAB.

▪ *Beheer en onderhoud*

Te verwachten is dat het onderhoudsregime iets lagere kosten zal hebben dan die voor een dunne deklaag.

▪ *Risico's*

Geoptimaliseerd SMA heeft substantieel minder holle ruimte dan ZOAB. Voor een geoptimaliseerd SMA ligt de holle ruimte rond de 8%, voor ZOAB ligt dat rond de 20%. Dat betekent dat het waterbergend vermogen lager is dan van ZOAB en dat er meer splash and spray zal optreden. Dat is een risico op het gebied van veiligheid. Dit is met name een risico op de autosnelwegen, op niet-autosnelwegen speelt dit minder. Omdat er nog geen ervaring is opgedaan, zou moeten worden onderzocht of er andere risico's een rol spelen op niet-autosnelwegen.

▪ *Herbruikbaarheid*

Vanwege de fijnere gradering en het gebruik van gemodificeerde bitumen, schatten we in dat de herbruikbaarheid vergelijkbaar is met die van tweelaags ZOAB en tweelaags ZOAB fijn. De fijnere materialen kunnen nog niet worden hergebruikt in onderlagen.

▪ *Ontwikkelfase*

Level 8 à 9. Omdat er, met name in de Provincie Gelderland, intensief onderzoek wordt gedaan naar optimalisatie van het mengsel en het in de komende jaren op grote schaal zal worden aangelegd, schatten we in dat binnen vijf jaar level 9 wordt bereikt.

▪ *Implementatiefase*

Geen ervaring.

tabel X

Beoordeling geoptimaliseerd SMA

Categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	herbruikbaarheid	ontwikkelfase	implementatiefase
geluidbeperkende maatregel	+	+	+	?	?	-	+	-



Omdat er nog geen ervaring binnen Rijkswaterstaat is met de toepassing van geoptimaliseerd SMA, is aanwijzing als geluidbeperkende maatregel binnen vijf jaar niet aan de orde. Mogelijk is dit wegdektype op langere termijn wel interessant als geluidbeperkende maatregel, en in een later stadium zelfs als minimumstandaard voor niet-autosnelwegen. Doordat het gaat om een wegdek dat specifiek is ontwikkeld om een langere levensduur te realiseren, zou hiermee een kostenbesparing gerealiseerd kunnen worden. Daarvoor zou wel eerst moeten worden onderzocht of het geschikt is voor het toepassingsbereik van Rijkswaterstaat.

5.11 **DiffraCTOR**

Sinds enkele jaren is de diffractor als innovatieve geluidmaatregel in beeld en in het nieuws. Een diffractor, ook wel aangeduid als geluidgoot of geluidafbuiger, is een betonnen constructie met holtes die naast de weg wordt gelegd. De holtes zorgen ervoor dat het geluid naar boven wordt afgebogen. Dit gebeurt door middel van resonanties die ontstaan in de holtes. Een diffractor is een overdrachtsmaatregel; het geluidreducerend effect is afhankelijk van de positie van de ontvanger. Dit betekent dat bij de toepassing van een diffractor als geluidmaatregel altijd een GPP-wijzigingsprocedure doorlopen zal moeten worden. Alleen voor bronmaatregelen geldt een procedureel voordeel: een bronmaatregel kan namelijk voor de naleving worden ingezet zonder de GPP's te wijzigen.

De afgelopen jaren zijn er proeflocaties met verschillende typen diffractoren ingericht op de N732 bij Losser, de N413 bij Soesterberg en de N314 bij Hummelo. Momenteel worden ook op de A18 bij Doetinchem en N18 bij Varsseveld diffractoren beproefd. Op de proeflocaties zijn metingen gedaan of in voorbereiding om de relevante eigenschappen van diffractoren in kaart te brengen. Mogelijk zijn diffractoren te combineren met een laag scherm om een grotere geluidreductie te bereiken. Ook hiermee is een proef gedaan.

Op basis van de metingen wordt er gewerkt aan het vaststellen van rekenregels, waarmee het akoestisch effect kan worden meegenomen in geluidberekeningen. Op dit moment is dat binnen het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 nog niet mogelijk.

De experimenten die momenteel gaande zijn richten zich op de diffractor direct naast de weg. Daarnaast bestaat ook de mogelijkheid om een diffractor op een laag geluidsscherm te plaatsen. Voor wegverkeer is deze combinatie qua ontwikkelfase nog significant minder ver dan de diffractor zonder scherm; voor railverkeer richt de huidige interesse zich juist wel op de diffractor in combinatie met een laag scherm.



figuur 4

Voorbeeld van een diffractor

- *Financieel*

In een verkennende studie [11] is berekend dat een diffractor een kostenefficiënte maatregel is ten opzichte van een stil wegdek. Om de kosten nauwkeurig te kunnen bepalen, moet echter nog kennis worden vergaard over bijvoorbeeld de te verwachten levensduur en de instandhoudingskosten.

- *Technisch*

De toepassing is niet mogelijk en/of effectief als er (hoge) bebouwing dicht bij de weg ligt (bijvoorbeeld hoger dan 10 m en dichtbij dan 50 m van de dichtst bijgelegen rijstrook) of in combinatie met geluidschermen (of andere hogere objecten die al afschermen) [11].

- *Akoestisch*

Op basis van de proeven tot dusver wordt de geluidreductie geschat op circa 2 dB. Momenteel zijn nog experimenten gaande om het akoestisch effect preciezer in kaart te brengen en te vertalen naar een rekenregel voor akoestische berekeningen. De geluidreductie is afhankelijk van de locatie van de ontvanger. De hoogste geluidreducties lijken te worden bereikt op het niveau van de begane grond. Het is nog onbekend hoe groot het akoestisch effect is in combinatie met een geleiderail. Ook zal nog worden onderzocht wat het akoestisch effect van een diffractor is voor bronnen op grotere afstand (brede rijbanen).

- *Beheer en onderhoud*

Naar verwachting hebben de diffractoren een lange levensduur (circa dertig jaar). Andere aspecten met betrekking tot beheer en onderhoud worden momenteel onderzocht in het testtraject . Relevante aspecten zijn veiligheid, schoonmaakregime, schadegevoeligheid en afwatering.

- *Risico's*

Zie de onderwerpen die zijn genoemd bij beheer en onderhoud. Hierover moet eerst meer bekend zijn om eventuele risico's uit te sluiten. Daarnaast is nog niet duidelijk of diffractoren een effect kunnen hebben op de veiligheid, bijvoorbeeld doordat automobilisten met een andere snelheid gaan rijden of door schrikreacties.

- *Ontwikkelfase*

Level 6 à 7.

▪ *Implementatiefase*

Onderzoeksfase. Op een aantal locaties zijn diffractoren toegepast om ervaring op te doen en om de relevante eigenschappen beter in beeld te krijgen. Op rijkswegen liggen proeflocaties op de A18 en N18. Het gaat hierbij om 'vrijblijvende' experimenten, er is dus geen wettelijke verplichting naar de omgeving toe om een bepaalde geluidreductie te realiseren.

tabel XI

Beoordeling diffractor

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
geluidbeperkende maatregel	?	?	?	?	?	-	-

De diffractor is momenteel nog in de onderzoeksfase. Er zijn diverse experimenten gaande langs provinciale wegen en langs rijkswegen. Daarmee is de verwachting dat het product binnen vijf jaar nog niet voldoende is uitontwikkeld en dat de beheerder in die tijd ook niet voldoende ervaring heeft kunnen opbouwen. Vóór vrijgave moet tevens eerst voldoende kennis voorhanden zijn over de levensduur, instandhoudingskosten en onderhoudsbehoefte. Tegelijk constateren we dat de diffractor sterk in de belangstelling staat en dat de ontwikkelingen snel gaan. Zo wordt er momenteel gewerkt aan een rekenregel waarmee het effect van de diffractor verrekend kan worden in akoestische onderzoeken. Hoewel aanwijzing als geluidbeperkende maatregel binnen vijf jaar onwaarschijnlijk is, is het daarom wel denkbaar dat in de daarop volgende periode voldoende kennis en ervaring beschikbaar is voor besluitvorming over vrijgave.

6 Railverkeer

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk behandelen we de shortlist van maatregelen die voor railverkeer in aanmerking komen als mogelijke nieuwe minimumstandaard of als nieuwe geluidbeperkende maatregel. Daarbij hanteren we dezelfde beoordelingsmethode en selectieprocedure als beschreven in paragraaf 4.14 en paragraaf 5.1.

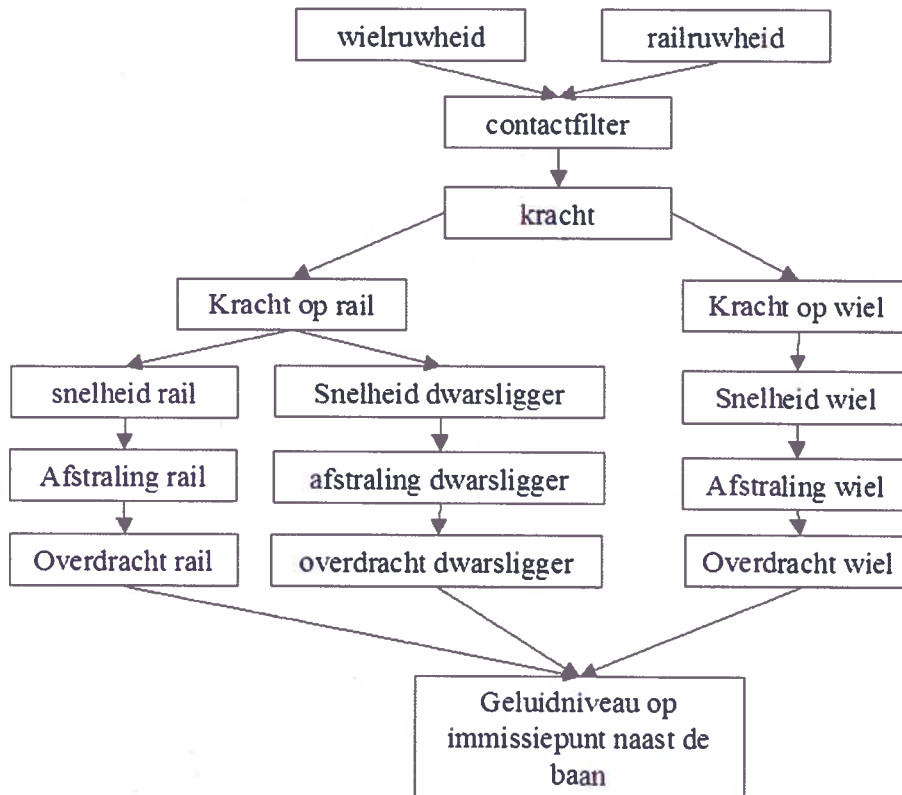
Als eerste maken we een longlist van mogelijke maatregelen voor railverkeer.

Als volgende stap gaan we na of er maatregelen zijn die op voorhand al afvallen. Dat is het geval als er redenen zijn waarom de maatregel niet binnen een periode van vijf jaar beschikbaar is als mogelijke minimumstandaard of geluidbeperkende maatregel. Deze maatregel zullen we niet verder uitwerken.

De overgebleven maatregelen op de shortlist werken we in detail uit. Aan het eind van iedere paragraaf geven we vervolgens een analyse. Die gaat in op de vraag of de maatregel binnen een periode van vijf jaar voldoende is uitontwikkeld voor besluitvorming over de inzet als minimumstandaard of als geluidbeperkende maatregel.

6.2 Longlist van maatregelen voor railverkeer

Bij het in kaart brengen van geluidreducerende maatregelen voor railverkeer, is het nuttig om te weten hoe railverkeersgeluid ontstaat. Dit wordt schematisch weergegeven in figuur 5.



figuur 5

Schematische weergave van de mechanismen in het ontstaan van railverkeersgeluid



Railverkeersgeluid ontstaat als gevolg van het contact tussen wiel en rail. Daardoor wordt zowel de stalen rail als het stalen wiel in trilling gebracht hetgeen leidt tot afstraling van geluid door wiel, rail en via de railoplegging in mindere mate door de dwarsliggers. Hoeveel geluid daarbij ontstaat, hangt af van de ruwheid van zowel wiel als rail. Hoe ruwer het oppervlak, hoe hoger de geluidemissie. Daarbij is de bron met de grootste ruwheid bepalend. Bijvoorbeeld bij materieel met een grote wielruwheid heeft het daarom niet of nauwelijks zin om de railruwheid te verlagen als geluidmaatregel. Bij het ontwerpen van geluidmaatregelen voor railverkeer is het daarom van belang om per situatie na te gaan wat de dominante excitatiebron is.

De maatregelen waarmee het geluid vanwege railverkeer kan worden gereduceerd, zijn opgesomd in de volgende longlist:

- Raildemper
- Verlagen van de railruwheid (akoestisch slijpen)
- Onderlegplaatje
- Afscherming op de spoorstaaf
- Minis scherm
- Diffractor

De werking van de genoemde maatregelen is verschillend. Het verminderen van de geluidafstraling van de rail zelf kan worden bewerkstelligd door middel van raildempers, het verlagen van de railruwheid of door het toepassen van stijve onderlegplaatjes. Maatregelen die de overdracht van geluid reduceren zijn de toepassing van afscherming op de spoorstaaf, het plaatsen van een minis scherm of het plaatsen van diffractoren.

De overdrachtsmaatregelen die al zijn aangewezen als geluidbeperkende maatregel, zijn in deze longlist buiten beschouwing gelaten.

Een veel genoemde bron van hinder bij railverkeersgeluid is daarnaast het zogenaamde booggeluid, dat op specifieke locaties kan ontstaan. Booggeluid (of flensgeluid) is het snerpande, piepende geluid dat bijvoorbeeld kan ontstaan bij het rijden door bogen (voornamelijk op doorgaand spoor) of bij wisselbogen (voornamelijk op emplacementen).

Of er bij doorgaand spoor op een bepaalde locatie booggeluid ontstaat, is afhankelijk van diverse parameters, zoals de boogstraal van het spoor, de conditie van de rail, de meteorologische omstandigheden en het type materieel. Daardoor is het in de praktijk op dit moment nog niet goed mogelijk om (modelmatig) te voorspellen wanneer en hoeveel booggeluid op een specifieke locatie optreedt.

Bij het berekenen van railverkeersgeluid van doorgaand treinverkeer met het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (bijlage IV) wordt booggeluid daarom tot nu toe buiten beschouwing gelaten. In de huidige evaluatie zijn maatregelen tegen booggeluid daarom niet nader in kaart gebracht; 'rekentechnisch' hebben die immers geen invloed op het geluidniveau. De beheerder kan in situaties met specifieke hinder uiteraard wel beheersmaatregelen treffen buiten het wettelijk kader om. Als maatregel worden in de praktijk smeerinstallaties ingezet om booggeluid tegen te gaan [12].

6.3 Selectie

Van de maatregelen op de longlist maken we een eerste selectie, de shortlist. De maatregelen waarvan op voorhand reeds duidelijk is dat ze niet binnen vijf jaar geschikt zijn voor brede toepassing, worden verder niet in beschouwing genomen.

De maatregelen voor railverkeer die niet op de shortlist staan, zijn de volgende.

Onderlegplaatje

Een mogelijkheid om de afstraling van de rails te verlagen, is het toepassen van onderlegplaatjes. Onderlegplaatjes (in het Engels: 'rail pads') worden onder de rail gemonteerd en vormen een verbinding tussen rail en dwarsliggers. Via het onderlegplaatje wordt de trillingsenergie in de rail voor een deel overgedragen naar de dwarsliggers en uiteindelijk naar de bodem. Bij stijve onderlegplaatjes is dit een efficiënt proces, met als gevolg dat de afstraling van de rail vermindert. Bij slappe onderlegplaatjes wordt de railtrilling minder gedempt hetgeen leidt tot een sterkere afstraling van de rail. Aangezien de rails (en niet de dwarsliggers) in het algemeen de dominante bron zijn, wordt door het optimaliseren van de onderlegplaatjes mogelijk extra geluidreductie bereikt.

Navraag bij ProRail leverde op, dat in Nederland reeds stijve onderlegplaatjes gangbaar zijn. Verdere verstijving van de onderlegplaatjes heeft constructietechnische bezwaren. Dat heeft als consequentie, dat er hiermee geen significante geluidwinst te behalen valt.

Afscherming op de spoorstaaf

Het geluid ten gevolge van railverkeer kan ook worden teruggebracht door direct tegen de spoorstaaf een afschermende constructie te monteren [13]. In Nederland zijn met deze maatregel geen concrete experimenten gedaan. Ook zijn er momenteel geen plannen om de maatregel te gaan testen. Omdat er geen lopend onderzoek is, zal deze constructie niet binnen vijf jaar geschikt zijn voor brede toepassing.

6.4 Shortlist van maatregelen voor railverkeer

Op basis van de bovenstaande selectie van maatregelen, is de shortlist van maatregelen voor wegverkeer opgesteld. In tabel XII zijn de geselecteerde maatregelen weergegeven. Deze lijst bevat zowel de maatregelen die in aanmerking komen als mogelijke minimumstandaard als de mogelijke nieuwe geluidbeperkende maatregelen.

tabel XII

Maatregelen die in aanmerking komen als nieuwe minimumstandaard en/of als nieuwe geluidbeperkende maatregel kunnen worden toegevoegd

maatregel	komt in aanmerking voor:	
	minimum-standaard	geluidbeperkende maatregel
▪ Raildemper	X	
▪ Verlagen van de railruwheid (akoestisch slijpen)	X	X
▪ Minischerm		X
▪ Diffractor		X

In de tabel is tevens aangegeven of de maatregel in aanmerking is genomen als minimumstandaard, als geluidbeperkende maatregel, of dat de maatregel in dit stadium voor beide categorieën overwogen kan worden.

De motivatie voor deze keuze is als volgt:

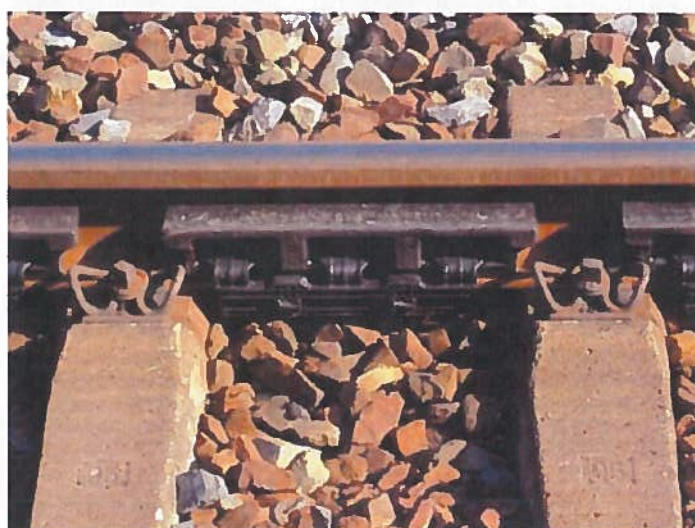
- De raildemper is reeds aangewezen als geluidbeperkende maatregel en komt daarom alleen in aanmerking als minimumstandaard;
- Verlaging van de railruwheid nog niet aangewezen als geluidbeperkende maatregel. Deze maatregel overwogen we voor beide categorieën, omdat het een bronmaatregel is die in

principe breed kan worden toegepast en waarbij de te bereiken geluidreductie afhangt van het gekozen slijpregime.

- Het minischerm en de diffractor komen alleen in aanmerking als geluidbeperkende maatregel, omdat het overdrachtsmaatregelen zijn.

6.5 Raildemper

Door middel van raildempers wordt de afstraling van de rail beperkt, waardoor er geluidreductie optreedt. Raildempers zijn aangewezen als geluidbeperkende maatregel in bijlage 3 van de Rgm. Voor deze evaluatie komen raildempers daarom alleen in aanmerking voor de minimumstandaard.



figuur 6 Voorbeeld van een raildemper [13]

▪ *Financieel*

Voor de laatste bijstelling van het Nederlandse doelmatigheidscriterium is het kostenpeil van raildempers nagegaan [12]. De over een periode van dertig jaar berekende kosten van zowel aanleg als beheer en onderhoud bedroegen daar gemiddeld € 830,- per strekkende meter enkel spoor.

Bij de toepassing in Duitsland zijn de jaarlijkse kosten van raildempers geschat op € 28,10 per strekkende meter [13]. Het gaat daarbij om de gemiddelde jaarlijkse kosten, inclusief beheer en onderhoud, gedurende de gehele levensduur. Daarvan bedragen de kosten voor het beheer en onderhoud € 10,70 per strekkende meter per jaar (dus circa een derde van de totale kosten). Over een periode van dertig jaar komt dat overeen met € 843,- aan totale kosten.

De geschatte kosten in Nederland en Duitsland liggen daarmee in dezelfde orde van grootte.

▪ *Technisch*

Mede doordat raildempers als geluidbeperkende maatregel zijn aangewezen, worden ze in Nederland op substantiële schaal toegepast. In Nederland is in totaal 187 kilometer aan raildempers aangelegd [14]. In rapport [13] is gerapporteerd dat in Duitsland in totaal over 92,4 km spoor raildempers zijn aangebracht.

Raildempers kunnen niet worden toegepast op en rond wissels en bij overwegen. Ook kunnen ze niet worden toegepast bij kabels en leidingen.

- *Akoestisch*

Met raildempers kan, afhankelijk van het type, een geluidreductie van 1-3 dB bereikt worden [13]. In het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is een spectrum opgenomen dat het effect van een raildempers weergeeft. Op overall niveau komt dat neer op een akoestisch effect van circa 3 dB.

- *Beheer en onderhoud*

Werkzaamheden ten behoeve van beheer en onderhoud zijn lastiger als er raildempers aanwezig zijn. Ook inspectie van het spoor wordt bemoeilijkt door de aanwezigheid van raildempers.

- *Risico's*

Bij raildempers bestaat het risico dat ze loslaten. Dat heeft gevolgen voor de veiligheid en voor de beschikbaarheid van het spoor. Ook de onderhoudskosten nemen sterk toe in het geval dat raildempers loslaten. Loslaten gaat ten koste van de akoestische prestaties. Overigens hebben vermoedelijk ook andere factoren invloed op de akoestische prestaties zoals bijvoorbeeld temperatuur en materiaal veroudering.

- *Ontwikkelfase*

Level 9

- *Implementatiefase*

Implementatiegereed.

tabel XIII

Beoordeling raildemper

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
minimum-standaard	0	-	+	-	-	+	+

De raildemper is reeds op substantiële schaal toegepast als bronmaatregel in Nederland. De praktijkervaring leert echter dat er diverse bezwaren zijn tegen een eventuele toepassing van raildempers over het totale netwerk. Werkzaamheden ten behoeve van beheer en onderhoud worden bemoeilijkt door raildempers. Op een significant deel van het netwerk kunnen raildempers niet worden toegepast vanwege technisch bezwaar, zoals bij kabels en leidingen en bij wissels en overwegen. Het is het daarom niet wenselijk om raildempers voor het gehele spoorwegennet toe te passen als minimumstandaard.

6.6

Verlagen van de railruwheid

Door het verlagen van de railruwheid, wordt het rolgeluid van treinen verminderd.

Dit principe werkt overigens alleen als de railruwheid lager is dan de wielruwheid. Op het moment dat de wielruwheid hoger is dan de railruwheid, wordt de wielruwheid bepalend voor de trillingsexcitatie van wiel en rail. Op dat moment heeft het verder verlagen van de railruwheid niet of nauwelijks meer effect op het geluidniveau. In Nederland zal buiten de intensieve goederenlijnen de railruwheid de dominerende factor zijn.



figuur 7 *Slijpen van het spoor*

Op dit moment is slijpen als geluidmaatregel niet aangewezen als geluidbeperkende maatregel in de Rmg. In de praktijk wordt het wel reeds op twee trajecten ingezet als maatregel om het railgeluid te verminderen. Op de HSL-Zuid wordt slijpen sinds circa tien jaar als geluidmaatregel toegepast om ervoor te zorgen dat de geluidmissie van het ballastloze spoor op deze lijn niet méér is dan die ten gevolge van een ballastspoor met betonnen dwarsliggers. Op de lijn Groningen – Leeuwarden wordt sinds 2015 slijpen als geluidmaatregel toegepast als maatregel om de GPP's na te leven.

In Duitsland wordt slijpen sinds circa vijftien jaar op grotere schaal systematisch ingezet als geluidmaatregel. Trajecten met spoor die regelmatig worden geslepen om de geluidemissie te beperken worden daar aangeduid als 'besonders überwachttes Gleis' (BüG).

Voor wat betreft het verlagen van de railruwheid door middel van slijpen onderscheiden we in deze evaluatie twee varianten.

- Ten eerste gaat het om het 'normale' slijpprogramma, dat in de huidige praktijk van ProRail wordt toegepast. De vraag is of dit slijpprogramma nog past bij de aannamen die in het Reken- en meetvoorschrift zijn gedaan voor de gemiddelde Nederlandse railruwheid. Mogelijk is er sprake van een beperkte geluidwinst.
- Ten tweede beschouwen we de variant waarbij het spoor gladder wordt geslepen dan in het normale slijpregime. Door deze optimalisatie wordt er een extra geluidreductie bereikt.

Beide varianten, dat wil zeggen het huidige slijpregime en het geoptimaliseerd slijpen, worden in deze evaluatie apart beschouwd, omdat deze technieken van elkaar verschillen qua ontwikkelfase en implementatiefase. Voor beide varianten is daarom een tabel met een beoordeling opgenomen (respectievelijk tabel XIV en tabel XV).

Verlaging van de railruwheid komt in deze evaluatie in aanmerking voor zowel het bijstellen van de minimumstandaard alsook voor aanwijzing als nieuwe geluidbeperkende maatregel. De minimumstandaard voor spoor kan verbeterd worden door met het huidige slijpregime (mits dat voor een lagere gemiddelde railruwheid zorgt) of door een geoptimaliseerd slijpregime in te voeren en dus een strengere eis dan nu aan de railruwheid te stellen. Geoptimaliseerd slijpen kan ook als nieuwe geluidbeperkende maatregel worden overwogen.

▪ *Financieel*

Voor de eerste variant, het normale slijpprogramma, is er geen sprake van meerkosten, omdat dit al gebeurt in de huidige praktijk.

De kosten van geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel worden geschat op € 2,- per meter spoor per jaar [15]. Daarnaast zijn er kosten voor het monitoren van het spoor. De kosten over een periode van tien jaar worden geschat op € 24,20 per meter spoor. Dit is een worst-case inschatting; door per project te analyseren wat de beste slijpmethode is, kan een kostenreductie tot 75% worden bereikt. De kosten van akoestisch slijpen zijn daarmee lager dan die van andere geluidmaatregelen. Ten opzichte van de huidige minimumstandaard zijn er wel meerkosten.

- *Technisch*

Het normale slijpprogramma wordt reeds netwerkbreed uitgevoerd; daar zijn geen technische bezwaren van toepassing.

Er zijn tot op heden ook geen technische bezwaren bekend tegen het toepassen van het geoptimaliseerd slijpen van het spoor als geluidmaatregel; om dit zeker te weten zou echter eerst nader onderzoek nodig zijn.

- *Akoestisch*

Met geoptimaliseerd slijpen kan de geluidemissie met circa 2-4 dB verlaagd worden ten opzichte van het geluidniveau dat bij de Nederlandse standaard voor railruwheid optreedt. Voor goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen is de wielruwheid al hoger dan de railruwheid, waardoor het verlagen van de railruwheid niet of nauwelijks leidt tot geluidreductie. Op het moment dat het goederenmaterieel op het Nederlandse spoor grootschalig wordt voorzien van K, LL-blokken, wordt slijpen daarom als geluidmaatregel in toenemende mate effectief.

Indien het Nederlandse gemiddelde ruwheidsspectrum lager zou zijn dan momenteel aangenomen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012; of als dit structureel zou kunnen worden verlaagd, zou dit een indirecte bijstelling van de minimumstandaard betekenen. Hiervoor zou eerst moeten worden onderzocht of de daadwerkelijke Nederlandse railruwheid nog overeenkomt met het spectrum uit het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012.

- *Beheer en onderhoud*

In tegenstelling tot raildempers en geluidschermen heeft geoptimaliseerd slijpen geen negatief effect maar eerder een positief effect op het overige spooronderhoud [15]. Een gunstig effect naast geluidreductie van de lage railruwheid is dat de aanstoting en voortplanting van trillingen naar de rest van de spoorconstructie wordt verminderd. Deze aanstoting en trillingen zorgen voor degeneratie van de gehele spoorconstructie. Slijpen met een akoestische afwerking is erop gericht deze aanstoting tot een minimum te beperken en op een laag niveau te onderhouden.

Qua beheer en onderhoud werkt geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel iets anders dan andere maatregelen, waar er een eenmalige investering is en de maatregel vervolgens moet worden onderhouden. Geoptimaliseerd slijpen vraagt om continue monitoring en regulier onderhoud. Dat kan ook voordelen hebben; het is bijvoorbeeld goed mogelijk om het tijdelijk als maatregel in te zetten voor tijdelijke nalevingsknelpunten.

Het beheer en onderhoud wordt, bij inzet van geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel, organisatorisch complexer. De reden daarvoor is dat er daarmee een verschillend slijpregime gaat gelden voor verschillende trajecten of trajectdelen. Dit is een organisatorisch aandachtspunt, met name op het moment dat er een 'lappendeken' van verschillende slijpregimes dreigt te ontstaan.

- *Risico's*

Een risico dat nog wel eens in verband wordt gebracht met slijpen is de mogelijkheid dat de rail volledig 'op' wordt geslepen. In de praktijk zijn er geen gevallen bekend waar dit daadwerkelijk is gebeurd. Een ander risico is dat het slijpen van spoorstaven gepaard gaat met geluidhinder tijdens de slijpwerkzaamheden. Als het spoor vaker geslepen worden, kan de geluidhinder vanwege de werkzaamheden toenemen. Risico's op het gebied van betrouwbaarheid, beschikbaarheid en veiligheid van het spoor zouden nog nader onderzocht moeten worden om hier een uitspraak over te kunnen doen.

- *Ontwikkelfase*

Voor het normale slijpprogramma: level 9.

Voor geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel Level 8.

- *Implementatiefase*

Experimentele fase. Geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel is binnen het Nederlandse spoorwegennet op twee trajecten toegepast, namelijk op de HSL-Zuid en op het traject Groningen – Leeuwarden. Voor beide projecten geldt dat er een wettelijke verplichting ligt voor het behalen van een bepaalde geluidreductie.

Er zijn nog geen normen en breed geaccepteerde kwalificaties en normen beschikbaar. Dat is een obstakel bij het uitvragen van de juiste specificaties aan de markt bij het toepassen van de maatregel. Ook wordt, binnen en buiten ProRail, nog kennis opgebouwd over de toename van railruwheid in de tijd en daarmee de vraag wat de optimale slijpcyclus is voor de akoestische resultaten. De ambitie is om de komende jaren meer ervaring op te doen met slijpen als geluidmaatregel, om daarmee de benodigde kennis verder op te bouwen. Omdat het bij slijpen gaat om grootschalige en langjarige contracten, is het naar verwachting praktisch gezien niet mogelijk om binnen een periode van vijf jaar concreet over te gaan tot aanwijzing als geluidbeperkende maatregel of minimumstandaard.

tabel XIV

Beoordeling slijpen

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
minimum-standaard	+	+	?	+	+	+	+

tabel XV

Beoordeling geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
minimum-standaard	-	?	+	0	?	0	-
geluidbeperkende maatregel	+	?	+	0	?	0	-

Met nader onderzoek naar het akoestische effect van het huidige slijpregime is een optimalisatie van de huidige minimumstandaard mogelijk. Indien de gemiddelde railruwheid lager blijkt te zijn dan is aangenomen bij vaststelling van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012, is er sprake van (beperkte) geluidwinst in de minimumstandaard. De definitie voor de minimumstandaard voor railverkeer zou dan moeten worden bijgesteld naar 'langgelast spoor in een ballastbed op betonnen dwarsliggers waar een slijpregime op van toepassing is'. Deze technologie kan worden gezien als huidige stand der techniek en een dergelijke bijstelling is daarom binnen een periode van vijf jaar mogelijk.

Het geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel daarentegen is een techniek die nog niet volledig is uitontwikkeld en waarmee op het Nederlandse spoorwegennet pas op twee trajecten ervaring mee op is gedaan. Wel is er de ambitie om deze techniek in de komende vijf jaar vaker toe te passen en

daarmee de noodzakelijke kennis en vaardigheid op te bouwen. In de daarop volgende periode kan overwogen worden of de maatregel geschikt is als geluidbeperkende maatregel. Een praktische barrière bij grootschaligere invoering van een geoptimaliseerd slijpregime zijn de huidige langlopende contracten. Om tussentijds een ander slijpregime in te voeren, zouden deze moeten worden opgebroken. Op het moment dat je dit als maatregel zou willen vrijgeven, is dat een punt van aandacht. De bredere gevolgen van een eventuele aanwijzing als geluidbeperkende maatregel zouden eerst in een impactanalyse onderzocht moeten worden.

6.7

Minischerm

Een minischerm is een geluidscherm dat lager is dan normalerwijze voor railverkeersgeluid wordt toegepast en dat dichter op het spoor staat.

Een minischerm kan rechtstreeks in de ballast naast het spoor geplaatst worden. Het voordeel zit in de korte afstand tot de geluidsbron, waardoor de afscherming effectiever is dan bij schermen die verder van het spoor staan. Minischermen staan typisch op een afstand van 1,7 m van het spoor, terwijl 'gewone' schermen op 4,5 m afstand staan. Daarnaast blijft, doordat het scherm laag is, het vrije zicht behouden. Dat wordt door omwonenden vaak als voordeel ervaren. Minischermen hebben typisch een hoogte van circa 70 – 85 cm.



figuur 8

Voorbeeld van een minischerm

▪ Financieel

Voor de Nederlandse situatie zijn hierover nog geen gegevens beschikbaar.

Op basis van proeven in Duitsland [13] zijn de jaarlijkse kosten van minischermen geschat op bedragen tussen de € 46,- en € 76,- per strekkende meter, gemiddeld over de gehele levensduur. Het gaat daarbij om de investeringkosten; de kosten voor beheer en onderhoud zijn verwaarloosbaar.

Ter vergelijking: in rapport [12] worden voor geluidschermen kosten gerapporteerd van € 2.414,- per strekkende meter over een periode van 30 jaar (prijspeil 2012). Dat komt overeen met circa € 80,- per strekkende meter per jaar.

▪ Technisch

De toepassing van minischermen langs spoorwegen lijkt binnen handbereik. Circa vijftien jaar geleden zijn proeven gedaan met minischermen langs het spoor in Best. Tot implementatie is deze maatregel echter nooit gekomen. In 2017 zal ProRail opnieuw minischermen in proefopstelling

testen langs het spoor in Hilversum. Na een evaluatie van de proef volgt eventuele implementatie van minischermen. Aangezien het technisch kader voor de toepassing van minischermen reeds is opgesteld kan dat redelijk vlot gaan.

In Duitsland zijn wel uitgebreidere proeven gedaan [13] met zeven verschillende typen minischermen op negen locaties. Daarbij zijn voor zover bekend geen technische bezwaren tegen de toepassing gerapporteerd.

▪ *Akoestisch*

Het akoestisch effect van een minischerm is afhankelijk van de exacte locatie en hoogte van de constructie. Op basis van de proeven in Duitsland wordt de geluidreductie ingeschat op 1 tot 7 dB [13]. Voor minischermen geldt verder, net als voor andere typen schermen, dat het geluidreducerend effect sterk af kan hangen van de locatie van de waarnemer. Het exacte akoestische effect voor de constructie die ProRail voor ogen heeft, zou nader in kaart moeten worden gebracht voordat deze maatregel als geluidbeperkende maatregel kan worden opgenomen in bijlage 3 van de Rgm.

▪ *Beheer en onderhoud*

De verwachting is dat minischermen, net als conventionele schermen, niet of nauwelijks beheer en onderhoud behoeven. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat bij toepassing van minischermen het spoor lastiger begaanbaar is (ook in vergelijking met een gewoon scherm). Dat kan een negatieve invloed hebben op andere werkzaamheden die aan het spoor moeten plaatsvinden.

▪ *Risico's*

Nog onbekend. Eventuele risico's moeten nog blijken uit de evaluatie van de te bouwen proefopstelling (zie kopje 'technisch').

▪ *Ontwikkelfase*

Internationaal: level 7.

Nederlandse situatie: level 5 à 6.

De verwachting is dat met deze maatregel de komende jaren een stap voorwaarts wordt gemaakt, vanwege de behoefte aan maatregelen die niet het vrije zicht beperken.

▪ *Implementatiefase*

Geen ervaring. Het technisch kader voor de toepassing van minischermen is weliswaar gereed, maar de beheerder heeft nog geen concrete proeven uitgevoerd. Wel is het technisch kader voor toepassing binnen ProRail reeds beschikbaar. Dat maakt het mogelijk om binnen afzienbare tijd vooruitgang te boeken.

tabel XVI

Beoordeling minischerm

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implemen-tatiefase
geluidbeperkende maatregel	?	+	?	-	?	0	0

Ondanks dat er nog geen concrete praktijkproeven in Nederland uitgevoerd zijn, is het minischerm een veelbelovende maatregel voor de komende vijf jaar. Doordat het technisch kader voor de toepassing binnen ProRail al geregeld is, is de vrijgave van het minischerm als maatregel al gevorderd. Om tot vrijgave te komen moet wel nog onderzoek worden gedaan naar het akoestisch effect en de concrete gevolgen voor beheer en onderhoud van het spoor.

6.8 Diffractor

Een diffractor is een element met sleuven waardoor het geluidveld afgebogen kan worden (zie ook paragraaf 5.11). Voor railverkeer wordt een ontwerp uitgewerkt waarbij de diffractor toegepast wordt op een laag scherm. Voor wegverkeer zijn experimenten uitgevoerd, voor railverkeer nog niet.

- *Financieel*

Hierover zijn nog geen gegevens bekend.

- *Technisch*

ProRail heeft aangegeven te gaan experimenteren met een diffractor in combinatie met een laag scherm, bijvoorbeeld met een hoogte van 1 m. Deze maatregel is qua technische toepasbaarheid dan niet anders dan voor een geluidscherm zonder diffractor.

- *Akoestisch*

Het akoestisch effect van een diffractor in combinatie met een laag scherm langs het spoor zal nog moeten worden onderzocht.

- *Beheer en onderhoud*

Het is nog niet bekend of de diffractor in combinatie met een laag scherm nog extra beheer en onderhoud nodig heeft in vergelijking met een gewoon geluidscherm. Ook hier zou nog nader onderzoek naar moeten worden gedaan. Mogelijk bieden de experimenten die momenteel worden gedaan voor wegverkeer hier informatie over.

- *Risico's*

Nog niet bekend, ook hier zou eerst nader onderzoek naar moeten worden gedaan.

- *Ontwikkelfase*

Level 6.

- *Implementatiefase*

Geen ervaring.

tabel XVII

Beoordeling diffractor

categorie	financieel	technisch	akoestisch	beheer en onderhoud	risico's	ontwikkel-fase	implement-tatiefase
geluidbeperkende maatregel	?	+	?	?	?	-	-



Ook voor de diffractor geldt dat er bij spoor nog geen concrete proeven gedaan zijn. Echter, de diffractor staat sterk in de belangstelling en de ontwikkelingen gaan op dit moment snel. Voor spoor wordt ingezet op de combinatie van een laag scherm met daarop een diffractor. Op het moment dat ProRail dit op dezelfde manier toepast als een 'gewoon' geluidscherm, zijn er technisch geen belemmeringen om het op relatief korte termijn in te zetten als operationele maatregel. Omdat er nog geen concrete praktijkervaring is opgedaan met dit product, is het onwaarschijnlijk dat aanwijzing binnen vijf jaar als geluidbeperkende maatregel aan de orde zal zijn.

Conclusies

In deze rapportage is uiteengezet wat de stand van de techniek is voor geluidreducerende bron- en overdrachtsmaatregelen voor rijks- en spoorwegen. Het doel van deze evaluatie is ten eerste om na te gaan of er naar verwachting een bijstelling van de minimumstandaard aan de orde is. Het tweede doel is om na te gaan of er binnen een periode van vijf jaar naar verwachting nieuwe geluidbeperkende maatregelen kunnen worden aangewezen.

Uit de analyse blijkt dat er voor wegverkeer geen maatregelen beschikbaar zijn die binnen nu en vijf jaar geschikt zijn als nieuwe minimumstandaard.

Voor railverkeer kan binnen nu en vijf jaar de minimumstandaard mogelijkerwijs worden aangescherpt door het akoestisch effect van het slijpen van het spoor nader in kaart te brengen. Mogelijk wordt binnen het momenteel reeds toegepaste slijpprogramma een geluidreductie bereikt ten opzichte van de huidige minimumstandaard voor spoor. Of het vervolgens ook daadwerkelijk wenselijk is om een dergelijke bijstelling door te voeren, zou eerst moeten worden onderzocht in een impactanalyse. Deze impactanalyse zou in moeten gaan op de vraag hoeveel geluidreductie haalbaar is binnen het huidige slijpregime en wat de gevolgen hiervan zouden zijn voor de beheerder.

Uit de inventarisatie van mogelijke nieuwe geluidbeperkende maatregelen blijkt dat een aantal relevante geluidmaatregelen in ontwikkeling is. Daarmee is echter nog niet zo veel ervaring op rijkswegen opgebouwd dat vanuit Rijkswaterstaat een vrijgave binnen vijf jaar mogelijk wordt geacht.

Voor railverkeer is binnen een vijf jaar naar verwachting besluitvorming mogelijk over aanwijzing van het minischerm als geluidbeperkende maatregel.

Op langere termijn is voor wegverkeer besluitvorming mogelijk over mogelijke aanwijzing van de volgende maatregelen als nieuwe geluidbeperkende maatregel:

- Tweelaags ZOAB fijn;
- ZOAB met een fijne gradering;
- Dunne deklagen B;
- Geoptimaliseerd SMA;
- Diffractor.

Voor railverkeer is op langere termijn besluitvorming over de vrijgave van de volgende maatregelen mogelijk:

- Geoptimaliseerd slijpen als geluidmaatregel;
- Diffractor in combinatie met een laag scherm.

Ook op het moment dat de aanwijzing van een maatregel als minimumstandaard of als geluidbeperkende maatregel concreet wordt overwogen, is het wenselijk om de bredere gevolgen daarvan vooraf in kaart te brengen in een impactanalyse.

Daarin zouden de volgende onderwerpen nader uitgewerkt kunnen worden:

- Welke impact heeft de aanwijzing van een nieuwe minimumstandaard of geluidbeperkende maatregel op de totale organisatie van de beheerder? Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan contractuele randvoorwaarden, benodigde wijzigingen in datasystemen en concrete aanpassingen in het beheer- en onderhoudsregime.
- Hoe staat de geluidwinst in verhouding tot de (meer)kosten van de maatregel?
- Omdat aanwijzing van een nieuwe geluidbeperkende maatregel impliceert dat deze met het doelmatigheids criterium moet gaan worden afgewogen, moet gedegen onderzoek uitgevoerd zijn naar de kosten.

8 Referenties

- [1] 'IPG-advies Toepassing tweelaags ZOAB op het Nederlandse hoofdwegenet', deel 1: advies; Rijkswaterstaat, DWW-2005-030; 14 april 2005;
- [2] 'IPG-advies Toepassing tweelaags ZOAB op het Nederlandse hoofdwegenet', deel 2: toelichting bij het advies; Rijkswaterstaat, DWW-2005-031; 23 maart 2005;
- [3] QUESTIM, 'Modelling of acoustic aging of road surfaces', Deliverable D2.2, augustus 2014;
- [4] 'Kader technische bezwaren bij de toepassing van stille deklagen op de rijkswegen', Rijkswaterstaat, 16 april 2015;
- [5] 'Akoestische gelijkwaardigheid; Toelichting werkwijze akoestische gelijkwaardigheid voor gebruik bij Componentspecificatie bovenbouw', RWS, augustus 2012;
- [6] QUESTIM, Final project report, Deliverable D6.2, December 2015;
- [7] 'Advies dunne geluidreducerende deklagen op niet-autosnelwegen', Rijkswaterstaat, DWW-2007-004/RAP-06.00023, 12 februari 2007;
- [8] 'IPG-Preadvies toepassing dunne deklagen t.b.v. de investerings-impuls 2006, deel 1: Advies', DWW-2005-036, April 2005;
- [9] 'Results of USW phase 1 – acoustic performance of test samples for iterations 1 and 2', rapport M+P.RGPO.14.01.10, 10 december 2015;
- [10] DISTANCE report 'Critical guidelines to the effective implementation of alternative "smart" noise mitigation measures', CEDR, deliverable 5.1, februari 2015;
- [11] 'Beleidsnotitie diffractor: een veelbelovende innovatie voor het hoofdwegenet?', rapport M+P.RWVL.14.14.1, 27 november 2014;
- [12] 'Actualisatie doelmatigheids criterium voor spoorwegen aan nieuwe normkosten', memo dBvision, kenmerk PRO027-02-07ew, 28 juni 2012;
- [13] 'Innovative Massnahmen zum Lärm- und Erschütterungsschutz am Fahrweg', Deutsche Bahn AG, 15-6-2012;
- [14] 'Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2014', ProRail, kenmerk P1217040, versie 1.0, 28 september 2015;
- [15] 'Beheersing railruwheid als geluidmaatregel', rapport M+P.RAIL.06.15.11 rev. 4, 2 februari 2009;
- [16] 'ISO 3095', Railway applications – Acoustics - Measurement of noise emitted by railbound vehicles, Second edition 2005-08-15, 2005.