



Rapport

# Opties om de dosis-effectrelaties te verwerken in het doelmatigheidscriterium

# Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat  
Postbus 20901  
2500 EX Den Haag

Opdrachtnummer -

Titel Opties om de dosis-effectrelaties te verwerken in het doelmatigheidscriterium

Rapportnummer M+P.MIW.19.01.6

Revisie 1

Datum 28 augustus 2019

Aantal pagina's 43

Auteurs ir. Wout Schwanen  
dr. ir. Judith Doorschot  
ir. Bert Peeters  
ing. Saskia Hardeman

Contactpersoon ir. Wout Schwanen | 073-6589050 | vught@mp.nl

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

[www.mp.nl](http://www.mp.nl) | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLIingenieurs | 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 IenW heeft M+P onderzocht welke mogelijkheden er zijn om het doelmatigheidscriterium aan te passen, zodanig dat dit beter aansluit bij de nieuwe dosis-effectrelaties van de World Health Organization (WHO). Aanleiding voor dit onderzoek is het verschijnen van de publicatie 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' (ENG) in oktober 2018. De ENG doet aanbevelingen voor de bescherming van de menselijke gezondheid tegen het geluid van onder meer wegen en spoorwegen.

De ENG bevat advieswaarden voor de  $L_{den}$  en  $L_{night}$  van weg- en railverkeer. Aanbevolen wordt om bij overschrijding van deze advieswaarde passende maatregelen te treffen om de geluidbelasting te verminderen. Ook zijn in de ENG bijgestelde dosis-effectrelaties gepubliceerd. Deze geven aan bij welk percentage van de bevolking sprake is van ernstige hinder of ernstige slaapverstoring bij een bepaalde geluidbelasting. Eén van de bevindingen in de ENG is dat de dosis-effectrelaties voor weg- en railverkeersgeluid, in tegenstelling tot voorheen, sterk op elkaar lijken.

Het doelmatigheidscriterium (DMC) is in de Nederlandse wetgeving verankerd om te zorgen dat de kosten voor geluidmaatregelen in redelijke verhouding staan tot de ernst van de situatie en het aantal betrokken woningen / gehinderden. Het DMC maakt voor de afweging van maatregelen gebruik van dimensieloze kentallen. Enerzijds is er het budget dat beschikbaar is om maatregelen te treffen, uitgedrukt in zogenaamde reductiepunten. Anderzijds zijn er de kosten van maatregelen, uitgedrukt in zogenaamde maatregelpunten. De reductiepunten per woning lopen op met de geluidbelasting, omdat hinder en gezondheidsschade groter zijn bij een hoger geluidniveau. De toename van de reductiepunten per woning is mede gebaseerd op de dosis-effectrelaties voor geluidhinder bij mensen.

Dit rapport beschrijft een aantal scenario's waarmee de toekenning van reductiepunten voor weg- en railverkeersgeluid voor de rijksinfrastructuur kan worden aangepast naar aanleiding van de bijgestelde dosis-effectrelaties. Uitgangspunt bij het onderzoek is het normenstelsel zoals tot op heden is voorzien in de Omgevingswet. Dat betekent dat reductiepunten in alle scenario's pas worden toegekend boven de standaardwaarde van 50 dB voor wegverkeer en 55 dB voor railverkeer.

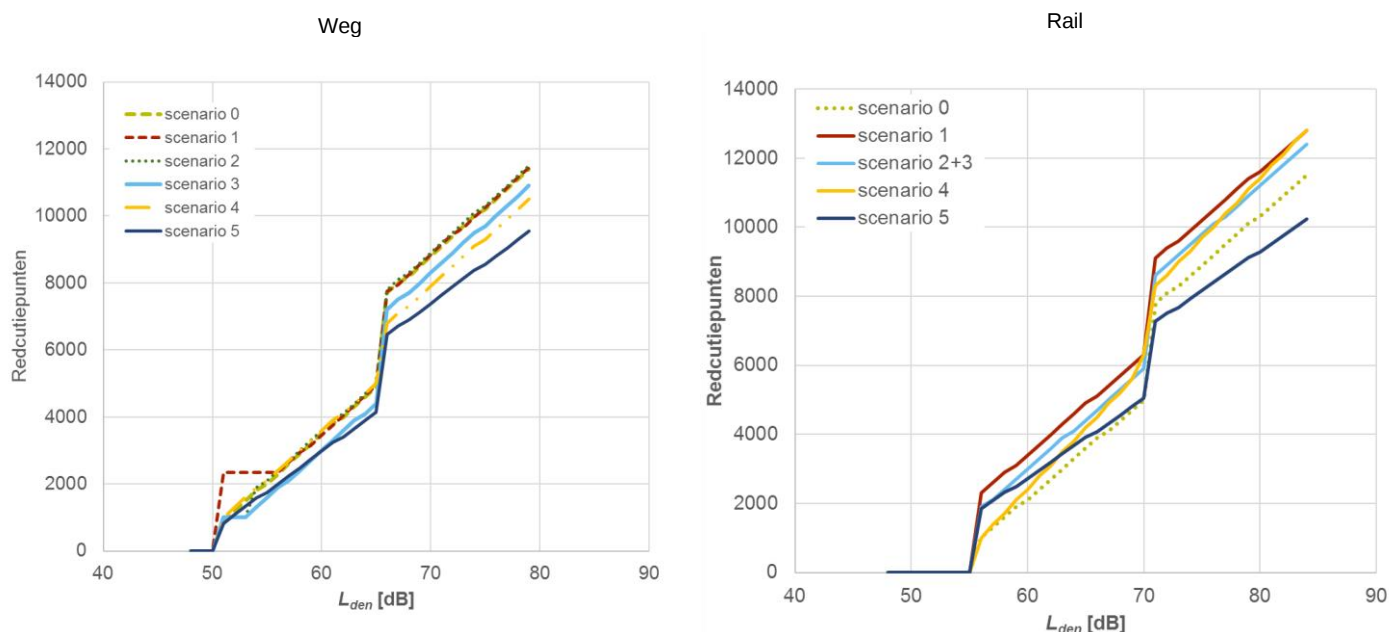
Uitgangspunt bij de keuze voor de scenario's was enerzijds de wens om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de nieuwe WHO-dosis-effectrelaties en bij de aanbeveling van de WHO om tevens overschrijding van bepaalde  $L_{night}$ -advieswaarden tegen te gaan en anderzijds de wens om deze wijziging budgetneutraal uit te voeren. De scenario's en de analyses zijn gebaseerd op de rijksinfrastructuur, omdat enkel daarvan op korte termijn voldoende gegevens beschikbaar waren. Het DMC zal te zijner tijd ook voor provinciale en gemeentelijke wegen toepasbaar moeten zijn en dan met name voor de sanering daarvan.

tabel 1

Scenario's voor de reductiepunten van weg- en railverkeer

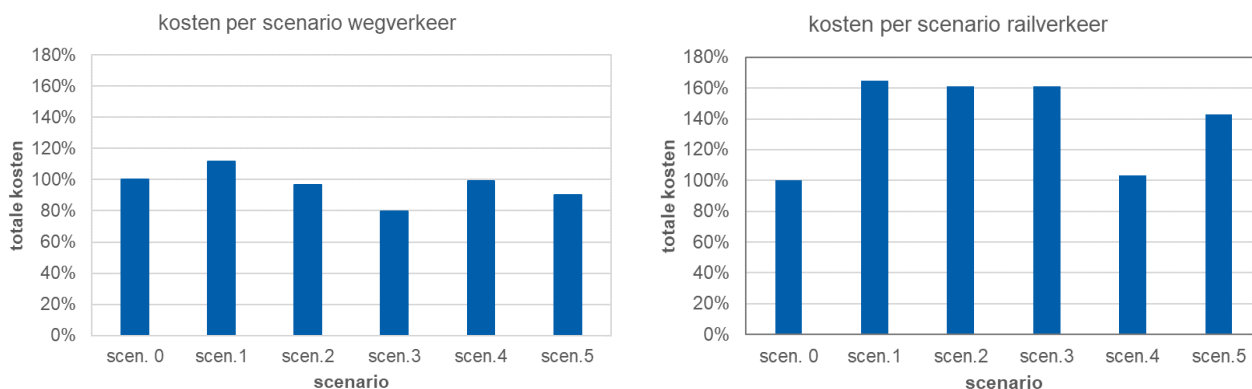
| scenario's weg+ rail | toelichting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                    | Huidige curve reductiepunten uit het Besluit geluid milieubeheer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                    | Basiscurve: railcurve gelijkschakelen met huidige wegcurve. Voor weg reductiepunten toekennen boven standaardwaarde van 50 dB; voor rail toekenning boven standaardwaarde van 55 dB. Voor weg vlakke curve tussen 51 en 55 dB.                                                                                                                                                                                                                          |
| 2                    | <p>Weg: Sprong in reductiepunten bij 53 dB <math>L_{den}</math>, omdat vanaf daar gemiddeld de advieswaarde voor wegverkeer voor <math>L_{night}</math> wordt overschreden.</p> <p>Rail: curve verschuiven naar startpunt van 52 dB <math>L_{den}</math>, omdat vanaf daar gemiddeld de advieswaarde voor wegverkeer voor <math>L_{night}</math> wordt overschreden. Toekenning van reductiepunten vindt plaats boven de standaardwaarde van 55 dB.</p> |
| 3                    | Curves weg en rail aan elkaar gelijkschakelen, met het startpunt bij 53 dB. Voor weg reductiepunten laten oplopen vanaf 53 dB, tussen 51 en 53 dB loopt de curve vlak; voor rail toekenning van reductiepunten boven standaardwaarde van 55 dB.                                                                                                                                                                                                         |
| 4                    | <p>Weg: kleinere grenswaarde sprong. De reductiepunten zijn bij hoge geluidbelastingen met 1000 punten gereduceerd ten opzichte van de huidige curve.</p> <p>Rail: steilere helling en kleinere grenswaarde sprong. Het begin- en eindpunt van de curve zijn gelijk gehouden aan de huidige curve; de helling is steiler gemaakt en de grenswaarde sprong is verkleind.</p>                                                                             |
| 5                    | Budgetneutraal scenario. Reductiepunten ten opzichte van scenario 0 (voor weg) en 1 (voor rail) zijn verminderd, zodanig dat de totale wijziging daarmee budgetneutraal kan worden uitgevoerd. Bij het schalen is ervoor gekozen om weg en rail aan elkaar gelijk te houden om zoveel mogelijk te blijven aansluiten bij de dosis-effectrelaties. De helling van de reductiepuntencurve in dit scenario is verlaagd.                                    |

De scenario's voor weg- en railverkeer zijn in figuur 1 grafisch weergegeven.



figuur 1 Scenario's voor toekenning van reductiepunten voor weg- en railverkeer

In de eerste stap van de analyse is onderzocht hoe deze scenario's de kosten voor geluidmaatregelen beïnvloeden. Dit is gedaan door middel van een schematische simulatie van het doelmatigheidscriterium. Daarin zijn de doelmatige maatregelen bepaald voor een aantal representatieve clusters van verschillende omvang. Met een GIS-analyse van de EU-geluidkaarten en een analyse van diverse planstudies is bepaald hoe vaak clusters van een bepaalde omvang en geluidklasse gemiddeld in de praktijk langs de rijksinfrastructuur voorkomen. Met die gegevens is door extrapolatie een schatting gemaakt van de toe- of afname van de totale kosten voor geluidmaatregelen voor weg- en railverkeer langs de rijksinfrastructuur. Het verschil in kosten tussen de scenario's is grafisch weergegeven in figuur 2.



figuur 2 Kostentoeename voor de verschillende scenario's voor weg- en railverkeer

Naar aanleiding van deze eerste stap is een selectie gemaakt van de meest kansrijke scenario's. Voor zowel weg- als railverkeer zijn de scenario's 0, 1, 3 en 5 geselecteerd voor verdere analyse en zijn de scenario's 2 en 4 afgevall.

De reden daarvoor is dat de scenario's 1 en 3 het meest recht doen aan de nieuwe WHO dosis-effectrelaties. In die scenario's zijn de reductiepunten voor weg- en railverkeer aan elkaar gelijkgeschakeld. Bovendien bleken voor wegverkeer de scenario's 2 en 4 nauwelijks te leiden tot een reductie van de kosten ten opzichte van scenario 1.

Ook voor railverkeer geldt dat scenario 1 en 3 het meest logisch zijn op basis van het WHO-advies, omdat daarbij, in tegenstelling tot scenario 2 en 4, invulling is gegeven aan de bevinding dat de hinder van weg- en railverkeer (vrijwel) gelijkwaardig zijn. Voor railverkeer leidde scenario 4 overigens wel tot een significante kostenreductie ten opzichte van scenario 1.

Voor deze scenario's is onderzocht in hoeverre de berekende kostentoeename gevoelig is voor de uitgangspunten die voor de representatieve clusters zijn gekozen. Eén uitgangspunt waar de conclusies sterk van afhangen is voor wegverkeer de vraag of er al een bronmaatregel aanwezig is.

Bij hoge geluidbelastingen is er weinig verschil tussen de scenario's, omdat er dan over het algemeen toch voldoende budget is om maatregelen te treffen. Bij lage geluidbelastingen is er, vooral bij kleine clusters, meer verschil tussen de scenario's. Daar kan het verschil in budget tussen de scenario's leiden tot een omslagpunt tussen het wel of niet kunnen treffen van een maatregel. Dat kan een relatief groot effect hebben op de kostentoeename of kostenafname, vooral als dit omslagpunt in scenario 0 optreedt. In een werkelijke planstudie zullen de diverse uitgangspunten voor clusters (zoals clusterlengte, aantal rijstroken, vereiste geluidreductie) variëren, waardoor dit effect naar verwachting minder uitgesproken zal zijn. Daarom is het aan te bevelen om de uiteindelijke voorkeursvariant te toetsen op basis van één of meer werkelijke situaties.

Scenario 5 richt zich op het budgetneutraal maken van het systeem door het schalen van de reductiepuntencurve. De schaling in scenario 5 is afhankelijk van de inschatting van de verwachte kosten voor maatregelen in naleving en projecten. Voor dit onderzoek is uitgegaan van de (indicatieve) kostenraming zoals gepresenteerd in het END-actieplan voor weg- en railverkeer. Indien een exactere schatting beschikbaar zou komen, kan blijken dat de verhouding tussen de kosten van weg en rail anders ligt. Een andere verhouding zou leiden tot een andere benodigde schaafactor voor een budgetneutraal scenario.

Het budgetneutraal maken is gebaseerd op het aanpassen van de reductiepuntencurve. Er zijn echter ook andere manieren om te proberen het geheel budgetneutraal te maken maar deze vallen buiten de scope van dit onderzoek. Hierbij valt te denken aan aanpassing van DMC-regels zelf, of aanpassing van de zogenaamde '5dB-eis'.

Dit onderzoek gaat uit van het huidige normenstelsel en houdt geen rekening met een eventuele verlaging van de standaardwaarde voor railverkeer. Wanneer dat gebeurt zullen deze scenario's opnieuw tegen het licht gehouden moeten worden omdat de uitgangspunten dan veranderen en er mogelijk meer budget beschikbaar komt voor maatregelen.

Met betrekking tot  $L_{night}$  voor railverkeer is gebleken dat het expliciet toekennen van reductiepunten op basis van  $L_{night}$  niet wenselijk is.  $L_{night}$  zou daardoor namelijk leidend worden in de afweging en daardoor onbedoeld als nieuwe norm gaan fungeren, terwijl het gehele wettelijke systeem op  $L_{den}$  berust. Wel is in een deel van de scenario's impliciet de WHO-aanbeveling voor  $L_{night}$  verwerkt in de toedeling van reductiepunten. Daarnaast zal het beschermingsniveau voor  $L_{night}$  sowieso toenemen wanneer het aantal toegekende reductiepunten wordt verhoogd. We merken verder op dat er ook andere mogelijkheden zijn, buiten het DMC, om invulling te geven aan de aanbevelingen voor  $L_{night}$ . Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om het bevoegd gezag bij besluitvorming een afweging te laten maken of de mate van slaapverstoring door railverkeersgeluid aanvaardbaar is. Ook kan gedacht worden aan extra gevelisolatie om de bescherming voor  $L_{night}$  te vergroten.

## Inhoud

|       |                                                                   |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------|----|
|       | Samenvatting                                                      | 3  |
| 1     | Inleiding                                                         | 8  |
| 2     | Begrippen                                                         | 9  |
| 2.1   | $L_{den}$ en $L_{night}$                                          | 9  |
| 2.2   | Normstelling voor verkeersgeluid                                  | 9  |
| 2.3   | Doelmatigheidscriterium                                           | 10 |
| 3     | Onderzoeksvragen                                                  | 13 |
| 3.1   | Bevindingen en aanbevelingen uit het WHO-advies                   | 13 |
| 3.2   | Dosis-effectrelaties                                              | 13 |
| 3.3   | Relatie tussen dosis-effectrelatie en het doelmatigheidscriterium | 14 |
| 3.4   | Onderzoeksvragen                                                  | 15 |
| 4     | Aanpassing van de reductiepuntencurve                             | 16 |
| 4.1   | Wegverkeer                                                        | 16 |
| 4.2   | Railverkeer                                                       | 19 |
| 5     | Resultaten                                                        | 21 |
| 5.1   | Opzet analyse                                                     | 21 |
| 5.2   | Analyse geluidbelasting kaart                                     | 21 |
| 5.3   | Typering van clusters                                             | 22 |
| 5.3.1 | Clusteromvang                                                     | 22 |
| 5.3.2 | Clusterlengte                                                     | 23 |
| 5.3.3 | Gebruikte maatregelpunten                                         | 24 |
| 6     | Financiële gevolgen                                               | 27 |
| 6.1   | Aanpak                                                            | 27 |
| 6.2   | Opzet analyse                                                     | 27 |
| 6.3   | Resultaten                                                        | 28 |
| 6.4   | Selectie van scenario's voor bandbreedte analyse                  | 30 |
| 6.5   | Budgetneutrale scenario                                           | 31 |
| 7     | Bandbreedte analyse                                               | 34 |
| 7.1   | Resultaten wegverkeer                                             | 34 |
| 7.2   | Resultaten railverkeer                                            | 35 |
| 8     | $L_{night}$                                                       | 39 |
| 9     | Discussie, conclusie en resultaten                                | 41 |
| 10    | Literatuur                                                        | 43 |

# 1 Inleiding

In het najaar van 2018 is de publicatie 'Environmental Noise Guidelines for the European Region', afgekort als ENG gepubliceerd. De ENG is opgesteld door de World Health Organisation (WHO). In de ENG zijn aanbevelingen gedaan voor bescherming van de menselijke gezondheid tegen het geluid van wegen, spoorwegen, luchtvaart en windturbines.

Een WHO-advies heeft weliswaar geen formeel, dwingend karakter, maar speelt wel een belangrijke rol in het (actuele) politieke en maatschappelijke debat. Het is daarom van belang om te toetsen wat de gevolgen zijn indien de aanbevelingen uit de ENG zouden worden geïmplementeerd. Zo is er in eerdere onderzoeken al gekeken naar wat de gevolgen zijn wanneer de standaardwaarde voor rail aangepast wordt (rapport [3]) en wat de mogelijkheden zijn om  $L_{night}$  te introduceren in het wettelijk kader (rapport [4]).

Deze onderzoeken waren echter voornamelijk gericht op mogelijke aanpassing van het normenkader. Echter, in de ENG zijn naast de advieswaarde ook de nieuwe dosis-effectrelaties vastgelegd. Deze leggen de relatie vast tussen de geluidbelasting, uitgedrukt in  $L_{den}$  en het aantal gehinderden, uitgedrukt in het percentage 'Highly Annoyed' (%HA).

Dit rapport geeft een analyse op hoofdlijnen hoe de dosis-effectrelaties voor weg- en railverkeer verwerkt kunnen worden in het doelmatigheidscriterium (DMC), waarbij het totale investeringsbudget voor gpp-besluiten, nalevingsmaatregelen en projecten voor de rijksinfrastructuur (nagenoeg) gelijk blijft. De analyse is voornamelijk toegespitst op de rijkinfrastructuur omdat het DMC vooralsnog vooral hierbij wordt toegepast.

Als input voor het onderzoek hebben we onder andere interviews gehouden met de verschillende stakeholders: Rijkswaterstaat, ProRail en RIVM. Daarnaast hebben we voor railverkeer gebruik gemaakt van de resultaten uit rapport [3].

## 2 Begrippen

### 2.1 $L_{den}$ en $L_{night}$

De geluidbelasting wordt uitgedrukt in  $L_{den}$  [dB]. Dit is een dosismaat voor het gewogen gemiddelde geluidniveau per etmaal (day, evening, night).

De dosismaat  $L_{den}$  [dB] wordt bepaald door het energetisch gemiddelde van de volgende waarden:

- $L_{day}$ : het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  over de dagperiode (07:00 - 19:00 uur);
- $L_{evening}$ : het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  over de avondperiode (19:00 - 23:00 uur) vermeerderd met 5 dB(A).
- $L_{night}$ : het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  over de nachtperiode (23:00 – 07:00 uur) vermeerderd met 10 dB(A).

De  $L_{den}$  is daarmee gedefinieerd door de volgende formule:

$$(1) \quad L_{den} = 10 \log_{24} \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

waarin

$L_{day}$  = het equivalente geluidniveau over de dagperiode (07:00 – 19:00 u);

$L_{evening}$  = het equivalente geluidniveau over de avondperiode (19:00 – 23:00 u);

$L_{night}$  = het equivalente geluidniveau over de nachtperiode (23:00 – 07:00 u).

Bij onderwijsgebouwen en kinderdagverblijven wordt in de Nederlandse wetgeving de avond- en nachtperiode niet meegenomen, indien de gebouwen in deze periode niet worden gebruikt.

### 2.2 Normstelling voor verkeersgeluid

Binnen het Nederlandse wettelijke systeem zijn verschillende begrippen in omloop waarmee de normstelling wordt aangeduid.

De Wet milieubeheer (Wm), hoofdstuk 11, vormt het huidige kader voor geluid van wegen en spoorwegen op de geluidplafondkaart. Hierin zijn de regels voor geluid vastgelegd voor het beheer, de aanleg en het doorvoeren van wijzigingen aan de rijksinfrastructuur. Er wordt daarbij gesproken van twee verschillende typen geluidnormen. Ten eerste is er de *voorkeurswaarde*. Dit is de waarde die in ieder geval aanvaardbaar wordt gevonden en waarbij het dus niet nodig wordt geacht om geluidreducerende maatregelen te overwegen. Ten tweede is er de *maximale waarde*. Dat is de waarde die niet mag worden overschreden, enkele uitzonderingen onder strikte voorwaarden daargelaten. Bovendien gelden voor deze wegen en spoorwegen zogenaamde geluidproductieplafonds waarmee wordt bewaakt dat het geluid op woningen niet boven de eerder bestuurlijk geaccepteerde niveaus uitkomt.

Voor overige wegen en spoorwegen vormt de Wet geluidhinder het kader voor de beheersing van het geluid. De begrippen nieuwe aanleg en reconstructie spelen daarbij een belangrijke rol. Hier wordt verder niet dieper op deze systematiek ingegaan, omdat de analyse in dit rapport vooral gericht is op de rijksinfrastructuur.

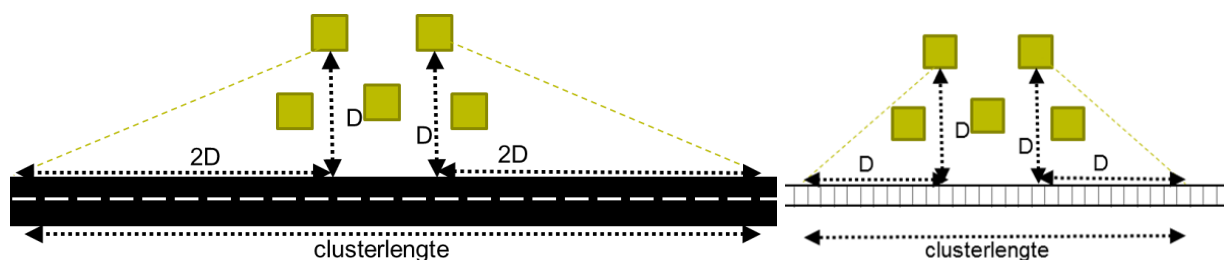
De normen voor woningbouw langs wegen en spoorwegen (zowel rijksinfrastructuur als andere wegen en spoorwegen) zijn momenteel eveneens vastgelegd in de Wet geluidhinder. Daar is een vergelijkbare normenset van toepassing. De ondergrens wordt gevormd door de *voorkeursgrenswaarde*. De bovengrens wordt aangeduid als de *maximale ontheffingswaarde*. Tussen de voorkeursgrenswaarde en de maximale ontheffingswaarde is er bestuurlijke afwegingsruimte.

Het toekomstige wettelijk kader voor verkeersgeluid wordt onderdeel van de Omgevingswet. Daarin worden de begrippen *standaardwaarde* en *grenswaarde* gehanteerd voor zowel woningbouw als voor infrastructurele aanpassingen. De standaardwaarde vormt de ondergrens en is vergelijkbaar met de huidige voorkeurswaarde / voorkeursgrenswaarde. De grenswaarde vormt de bovengrens en is vergelijkbaar met de huidige maximale waarde / maximale ontheffingswaarde. Geluidbelastingen onder de standaardwaarde worden in ieder geval aanvaardbaar geacht. Ontheffing boven de grenswaarde is slechts in uitzonderingssituaties, onder vastgestelde voorwaarden mogelijk. Tussen de standaardwaarde en de grenswaarde zal wederom sprake zijn van bestuurlijke afwegingsruimte.

Naast de bepalingen over de toetsing van railverkeersgeluid in projecten, zijn in de Wm hoofdstuk 11 tevens bepalingen opgenomen met betrekking tot geluidsanering. De sanering richt zich op het terugdringen van hoge geluidbelastingen langs spoorwegen. Voor het afhandelen van de sanering is het Meerjarenprogramma Geluidsanering (MJP) opgezet. De voorbereidingen voor het uitvoeren van de sanering zijn momenteel gaande. De wet schrijft voor dat het verzoek tot vaststellen van een saneringsplan voor alle (spoor)wegen op de geluidplafondkaart uiterlijk eind 2020 moet zijn ingediend. Deze saneringsoperatie zal worden afgerond onder het wettelijk kader van de Wet milieubeheer. Onder de Omgevingswet zal dus geen sanering van rijkswegen of spoorwegen worden afgehandeld. Wel zal de lokale sanering, voor zover deze nog niet voldoende is afgehandeld onder de Wet geluidhinder, vallen onder de Omgevingswet.

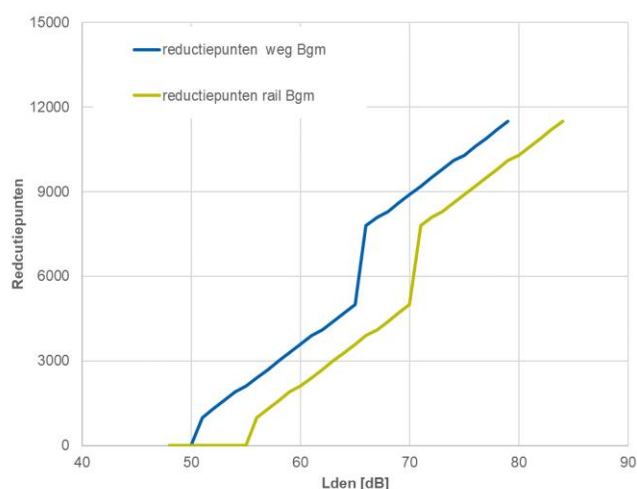
## 2.3 Doelmatigheidscriterium

Om na te gaan of een pakket van geluidmaatregelen financieel doelmatig is, wordt een vergelijking gemaakt tussen de kosten van de maatregel(en) en het budget dat ervoor beschikbaar is. Het budget en de kosten worden daarbij niet uitgedrukt in euro's, maar in zogenaamde reductie-punten en maatregelpunten. De afweging over de doelmatigheid wordt gemaakt per cluster. Een cluster is een groep geluidgevoelige objecten die profijt kan hebben van een aaneengesloten geluidmaatregel. Voor spoorwegen worden clusters gevormd en wordt de clusterlengte bepaald op basis van de zogenaamde 1D-benadering, waarbij D staat voor de afstand van de objecten tot het spoor. Bij wegen wordt de clusterlengte bepaald op basis van de van de zogenaamde 2D-benadering. Dit is geïllustreerd in figuur 3. Maatregelen worden in principe getroffen over de clusterlengte.



figuur 3 Schematische weergave van een cluster van geluidgevoelige objecten en bepaling van de clusterlengte. Links: wegverkeer. Rechts: railverkeer

Vanaf een bepaalde drempelwaarde van de geluidbelasting<sup>1</sup> worden er reductiepunten toegekend. Deze drempelwaarde is de standaardwaarde en is 50 dB voor wegverkeer en 55 dB voor railverkeer. Het aantal toegekende reductiepunten loopt op met een toenemende geluidbelasting. De reductiepunten worden toegekend voor alle geluidgevoelige objecten in een cluster met een geluidbelasting boven de standaardwaarde. Dat wil zeggen dat niet alleen de knelpunten 'budget' krijgen, ook de objecten zonder overschrijding van de toetswaarde, genereren budget. Per cluster worden de reductiepunten van de geluidgevoelige objecten opgeteld om het totale budget voor het cluster te bepalen.



figuur 4 Reductiepuntencurve uit het Bgm voor weg- en railverkeer

Vervolgens wordt nagegaan welke maatregelen nodig zijn om de geluidnorm te bereiken. De maatregelen waarvoor een doelmatigheidsafweging kan worden gemaakt, oftewel de geluidbeperkende maatregelen, zijn weergegeven in bijlage 3 bij de Regeling geluid milieubeheer. Daarbij is aangegeven hoeveel maatregelpunten (oftewel kosten) per type maatregel in de afweging in rekening worden gebracht.<sup>2</sup> Als het aantal benodigde maatregelpunten hoger is dan het budget dat aan reductiepunten beschikbaar is voor dat cluster, is dat maatregelpakket niet financieel doelmatig.

De doelstelling van het akoestisch onderzoek is allereerst om te bepalen of alle geluidbelastingen teruggebracht kunnen worden naar de toetswaarde. Verdergaande maatregelen zijn niet nodig. Deze bepaling wordt aangeduid als 'regel 1'.

Daarnaast wordt aan de maatregel of het maatregelpakket als voorwaarde gesteld dat het aantal maatregelpunten niet hoger mag zijn dan het totaal aan reductiepunten dat beschikbaar is voor dat

<sup>1</sup> Voor een eenduidige beoordeling van alle situaties wordt hiervoor de geluidbelasting gehanteerd in de zogenaamde 'akoestische standaardkwaliteit'. Voor wegen is dat een situatie zonder geluidschermen of -wallen, en met een wegdek van enkellaags zeer open asfaltbeton. Voor spoor is dat eveneens een situatie zonder geluidschermen of -wallen, en een bovenbouw bestaande uit langgelast spoor in een ballastbed op betonnen dwarsliggers.

<sup>2</sup> Voor een uniforme beoordeling wordt altijd het totaal van de maatregelpunten in rekening gebracht van zowel reeds bestaande als eventuele nieuwe maatregelen. Op die manier wordt elke situatie altijd (eenduidig) beoordeeld ten opzichte van de 'akoestische standaardkwaliteit'.

cluster. Als het aantal benodigde maatregelpunten hoger is dan het budget dat aan reductiepunten beschikbaar is, is dat maatregelpakket financieel niet doelmatig. Dit duiden we aan als 'regel 2'.

Als blijkt dat de kosten van een maatregelpakket waarmee de toetswaarden worden bereikt hoger zijn dan het budget, wil dat niet zeggen dat de maatregelen achterwege kunnen worden gelaten. In dat geval zal worden nagegaan of het mogelijk is om te kiezen voor een minder omvangrijk maatregelpakket, waarvan de kosten wel binnen het budget passen.

Er zijn situaties denkbaar waarbij er wel voldoende budget beschikbaar is, maar waar de effectiviteit van (het verder uitbreiden van) een bepaalde maatregel slechts gering is. Het doelmatigheidscriterium heeft daarom de bepaling dat een maatregelpakket niet financieel doelmatig is als er ook een alternatief maatregelpakket beschikbaar is dat een nagenoeg gelijke geluidreductie realiseert, minder maatregelpunten kost en waarbij de benodigde extra maatregelpunten voor de duurdere maatregel niet in redelijke verhouding staan tot de extra geluidreductie die ermee bereikt wordt. Deze bepaling wordt aangeduid als 'regel 3'.

Specifiek voor de toepassing van overdrachtsmaatregelen zijn twee beperkingen van kracht. Ten eerste is bepaald dat een scherm dat minder dan tien jaar oud is onder bepaalde voorwaarden niet hoeft te worden afgebroken. Als het bestaande scherm niet kan worden opgehoogd en het nieuw te plaatsen scherm een vrijwel gelijke geluidreductie realiseert als het bestaande scherm, wordt het bestaande scherm gehandhaafd. Deze bepaling wordt aangeduid als 'regel 4'.

Ten tweede wordt een scherm alleen in overweging genomen, als het, al dan niet in combinatie met een bronmaatregel, een verlaging van de geluidbelasting van minstens 5 dB realiseert op tenminste één geluidgevoelig object in het cluster. Let hierbij op de formulering: deze eis spreekt over een 'verlaging van de geluidbelasting' en niet over een 'geluidreductie'. Dat heeft als consequentie dat verlagingen tot beneden de toetswaarde wel meetellen voor deze eis.

Tot slot wordt de maatregel die, op grond van de bovenstaande bepalingen, de grootste geluidreductie tegen de laagste kosten oplevert, gekozen als doelmatige maatregel.

## 3 Onderzoeksvragen

### 3.1 Bevindingen en aanbevelingen uit het WHO-advies

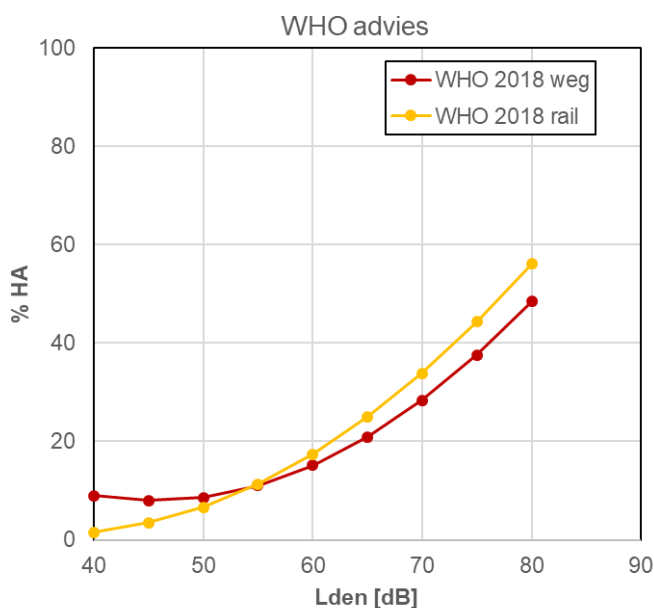
De ENG [1] geeft op basis van een groot aantal internationale studies aanbevelingen voor advieswaarden voor geluid van verschillende bronnen. De meeste ENG-aanbevelingen zijn 'strong', dit betekent dat ze gebaseerd zijn op ruim voldoende en overtuigend bewijs en dat de WHO van mening is dat de gewenste effecten van het overnemen van de aanbevelingen zwaarder wegen dan de ongewenste consequenties die het overnemen van de aanbevelingen kan hebben.

Dit WHO-advies bevat de nieuwe dosis-effectrelaties van geluid op de gezondheid en bevat aanbevelingen voor nieuwe richtlijnen:

- Voor railverkeer geeft de WHO-advieswaarden van 54 dB voor  $L_{den}$  en 44 dB voor  $L_{night}$ . Beide aanbevelingen zijn 'strong recommendations';
- Voor wegverkeer is de advieswaarde van de WHO 53 dB voor  $L_{den}$  en 45 dB voor  $L_{night}$ . Ook dit zijn 'strong recommendations'.
- De WHO adviseert om maatregelen te treffen wanneer deze waarden worden overschreden. Bij railverkeer wordt geen voorkeur gegeven voor een bepaald type maatregel (bronmaatregelen, overdrachtsmaatregelen of ontvangermaatregelen). Voor wegverkeer wordt aanbevolen dat er bron- of overdrachtsmaatregelen worden getroffen.

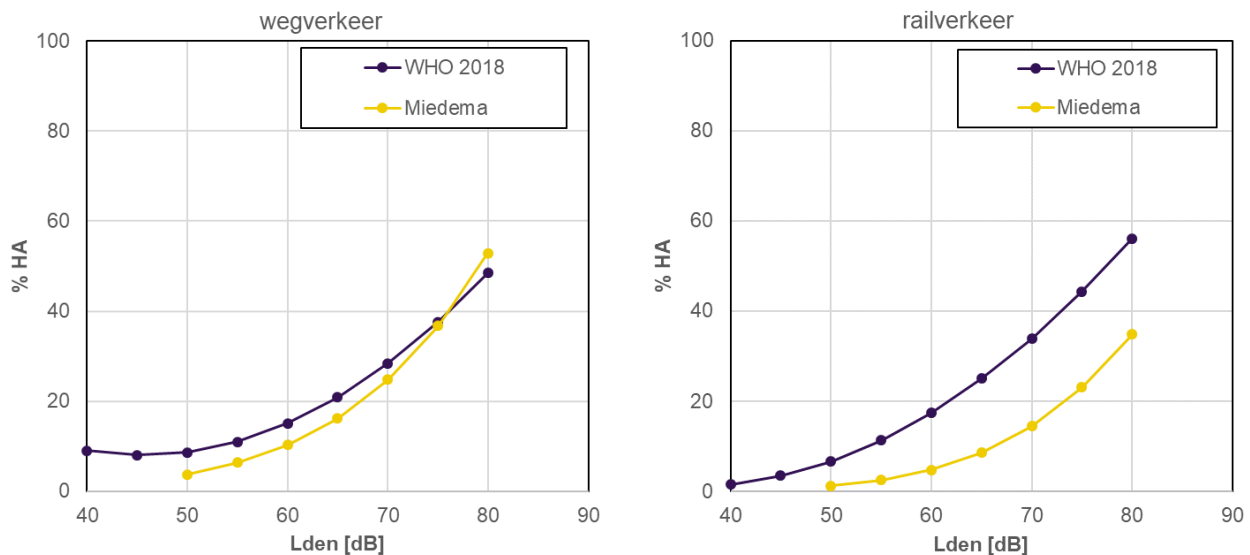
### 3.2 Dosis-effectrelaties

De dosis-effectrelaties geven het verband weer tussen de geluidbelasting en het aantal gehinderden. De geluidbelasting is hierbij uitgedrukt als  $L_{den}$  niveau. Het aantal gehinderden is uitgedrukt als percentage Highly Annoyed (%HA). De nieuwe dosis-effectrelaties voor weg- en railverkeer zijn weergegeven in figuur 5. We zien dat de curves voor weg- en railverkeer vrijwel gelijkwaardig zijn. Ook geeft de WHO aan dat implementatie van de aanbevelingen gevolgen kan hebben voor de zogenaamde 'railbonus'.



figuur 5 Dosis-effectrelaties voor weg- en railverkeer

Dit is duidelijk anders in de vorige dosis-effectrelaties, de zogenaamde Miedema-curves, zie figuur 6. We kunnen hierin zien dat de dosis-effectrelatie voor wegverkeer niet heel veel veranderd is ten opzichte van de Miedema-curve. We concluderen echter ook dat voor railverkeer de dosis-effectrelatie sterk veranderd is. Bij een gelijke waarde voor  $L_{den}$  is het percentage ernstig gehinderden significant toegenomen.



figuur 6 Vergelijking tussen de nieuwe dosis-effectrelaties en de Miedemacurves

### 3.3 Relatie tussen dosis-effectrelatie en het doelmatigheidscriterium

Het doelmatigheidscriterium (DMC) wordt gebruikt om de doelmatigheid van maatregelen af te wegen. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van dimensieloze kentallen. Het budget wordt uitgedrukt in reductiepunten. Het aantal reductiepunten dat een object ontvangt hangt af van de geluidbelasting. Boven een bepaalde drempelwaarde, de standaardwaarde, neemt het aantal reductiepunten toe met een oplopende geluidbelasting.

De toename van het aantal reductiepunten bij het opstellen van het DMC is mede gebaseerd op de Miedemacurves. Bij het opstellen van de reductiepuntencurve hebben echter ook andere, beleidsmatige overwegingen, een rol gespeeld. Een beleidsoverweging is geweest dat heel hoge geluidbelastingen ongewenst zijn. Daarom is besloten tot een sprong in de curve van de reductiepunten bij geluidbelastingen boven de grenswaarde. Bij deze grenswaardesprong worden éénmalig meer reductiepunten toegekend. Het aantal extra reductiepunten komt overeen met een sprong van 10 dB in de geluidbelasting. Een andere keuze is geweest om uitsluitend reductiepunten toe te kennen boven de standaardwaarde. Uiteindelijk heeft dit geleid tot de reductiepuntencurves voor weg- en railverkeer opgenomen in het Besluit geluid milieubeheer (Bgm) [2] (zie figuur 4)

### 3.4 Onderzoeksvragen

Het huidige onderzoek is erop gericht om te bepalen hoe de nieuwe dosis-effectrelaties in het DMC kunnen worden verwerkt. Dit dient te gebeuren binnen een nagenoeg gelijkblijvend totaal investeringsbudget voor gpp-besluiten, nalevingsmaatregelen en projecten. Speciale aandacht hierbij zal er zijn voor  $L_{\text{night}}$  voor railverkeer.

In deze rapportage gaan we daarom in op de volgende onderzoeksvragen:

*1 Hoe kunnen de nieuwe dosis-effectrelaties verwerkt worden in het DMC?*

In het DMC zijn de dosis-effectrelaties verwerkt in de reductiepuntencurve. We zullen op basis van het WHO-advies scenario's schetsen voor een aangepaste reductiepuntencurve voor weg- en railverkeer. We zullen deze beoordelen en voor een aantal scenario's de financiële consequenties onderzoeken in punt 2.

*2 Wat is het te verwachten effect op de kosten voor geluidmaatregelen?*

Aan de hand van de gemaakte scenario's zullen we voor representatieve situaties vaststellen wat de financiële consequenties zijn van het aanpassen van de reductiepuntencurve.

*3 Welke mogelijkheden zijn er om dit (nagenoeg) budgetneutraal uit te voeren?*

We onderzoeken in deze fase welke eventuele verdere aanpassing(en) nodig zouden zijn om een eventuele kostentoeename uit punt 2 te compenseren om een aanpassing van de reductiepuntencurve (nagenoeg) budgetneutraal uit te voeren.

Uitgangspunten voor het onderzoek zijn:

- Er wordt uitgegaan van het huidige normenstelsel. Dit betekent een standaardwaarde voor wegverkeer van 50 dB en 55 dB voor railverkeer;
- Herziening van de overige regels van het DMC is niet voorzien. Dit betekent dat er alleen gesleuteld zal gaan worden aan de reductiepuntencurve;
- Het budgetneutraal scenario is gericht op het totale budget dat beschikbaar is voor geluidmaatregelen voor weg- en railverkeer samen. Dit betekent dat wanneer de kosten voor rail (veel) zouden toenemen, er voor wegverkeer minder budget beschikbaar zou komen dan er nu beschikbaar is.

## 4 Aanpassing van de reductiepuntencurve

In dit hoofdstuk beschrijven we welke scenario's we hebben onderzocht om de dosis-effectrelaties te verwerken in de reductiepuntencurve. Voor zowel weg- als railverkeer zijn vijf scenario's vergeleken. Van elk scenario wordt kort beschreven wat de gedachtegang is geweest bij het opstellen van curve. De basisgedachte achter alle scenario's is dat de reductiepuntengrafieken voor weg en spoor eigenlijk zoveel mogelijk gelijk zouden moeten gaan lopen, aangezien de nieuwe dosis-effectrelaties voor weg en spoor ook nagenoeg gelijk zijn aan elkaar.

### 4.1 Wegverkeer

Voor wegverkeer nemen we de volgende scenario's in beschouwing:

- Scenario 0: De curve blijft gelijk aan de huidige curve uit het Bgm. Dit is het referentie scenario voor de analyse.

- Scenario 1: Basiscurve weg

Dit scenario is gebaseerd op de vorm van de nieuwe dosis-effectrelatie voor wegverkeer. Voor dit scenario geldt dat voor railverkeer een bijbehorend scenario (namelijk rail scenario 1) is opgesteld, met als uitgangspunt dat de reductiepunten voor weg en rail zo veel mogelijk worden gelijkgetrokken (bij gelijkblijvende standaardwaarden en grenswaarden).

Boven de 55 dB wordt voor wegverkeer de huidige curve uit het Bgm gevolgd omdat de nieuwe dosis-effectrelatie daar weinig verschil laat zien met de Miedema-curve. Tussen de 51 en 55 dB loopt de reductiepuntencurve in dit scenario vlak omdat de nieuwe dosis-effectrelatie ook nagenoeg vlak loopt bij lage geluidbelastingen.

NB. We merken op dat het verloop van de dosis-effectrelatie voor de lage geluidniveaus wordt bepaald doordat er een tweede orde polynoom doorheen gefit is.

Scenario 1 brengt zodoende vooral het effect in kaart van een betere bescherming van de lage geluidbelastingen omdat in dit scenario meer reductiepunten beschikbaar komen bij lage geluidbelastingen dan in het referentiescenario. Daardoor worden maatregelen voor woningen met lage geluidbelastingen sneller doelmatig. En doordat die woningen het meest voorkomen, valt te verwachten dat op die manier ook aanmerkelijke gezondheidswinst te bereiken is.

- Scenario 2:  $L_{night}$  sprong bij 53 dB

Dit scenario geeft invulling aan de advieswaarde van 45 dB  $L_{night}$  voor wegverkeer. Onderzoek [5] laat zien dat het verschil tussen  $L_{den}$  en  $L_{night}$  voor wegverkeer gemiddeld zo'n 8 dB is. Een  $L_{night}$  van 45 dB komt dus gemiddeld overeen met een  $L_{den}$  van 53 dB. Daarom is, ten opzichte van scenario 0, het aantal reductiepunten onder de 53 dB  $L_{den}$  iets verlaagd. Daaronder zal immers geen sprake zijn van een overschrijding van de advieswaarde voor  $L_{night}$ .

Dit scenario brengt daarmee tevens in kaart of een verlaging van de reductiepunten bij de lagere geluidbelastingen leidt tot een kostenbesparing.

Voor railverkeer is er geen scenario met een ' $L_{night}$  -sprong', omdat daar de geluidbelasting waar de betreffende 'sprong' zou moeten optreden onder de standaardwaarde van 55 dB zou liggen. (44 dB  $L_{night}$  + gemiddeld 8 dB verschil ( $L_{den} - L_{night}$ ) = 52 dB.) Dit gegeven wordt verder uitgewerkt in scenario 2 voor railverkeer.

- Scenario 3: weg en rail gelijk vanaf 53 dB

Voor dit scenario geldt, net al voor scenario 1, dat er een equivalent scenario 3 voor railverkeerslawaaï is opgesteld. Ook voor deze scenario's geldt dat het uitgangspunt is dat de reductiepunten voor weg en rail zoveel mogelijk gelijkgetrokken worden. Vanaf 53 dB loopt de

curve op omdat dan de advieswaarde voor  $L_{night}$  voor wegverkeer gemiddeld overschreden wordt (zie ook scenario 2).

De helling van de curve en de grenswaarde sprong blijven gelijk. De curve voor de reductiepunten voor wegverkeer loopt vlak tussen 50 en 53 dB.

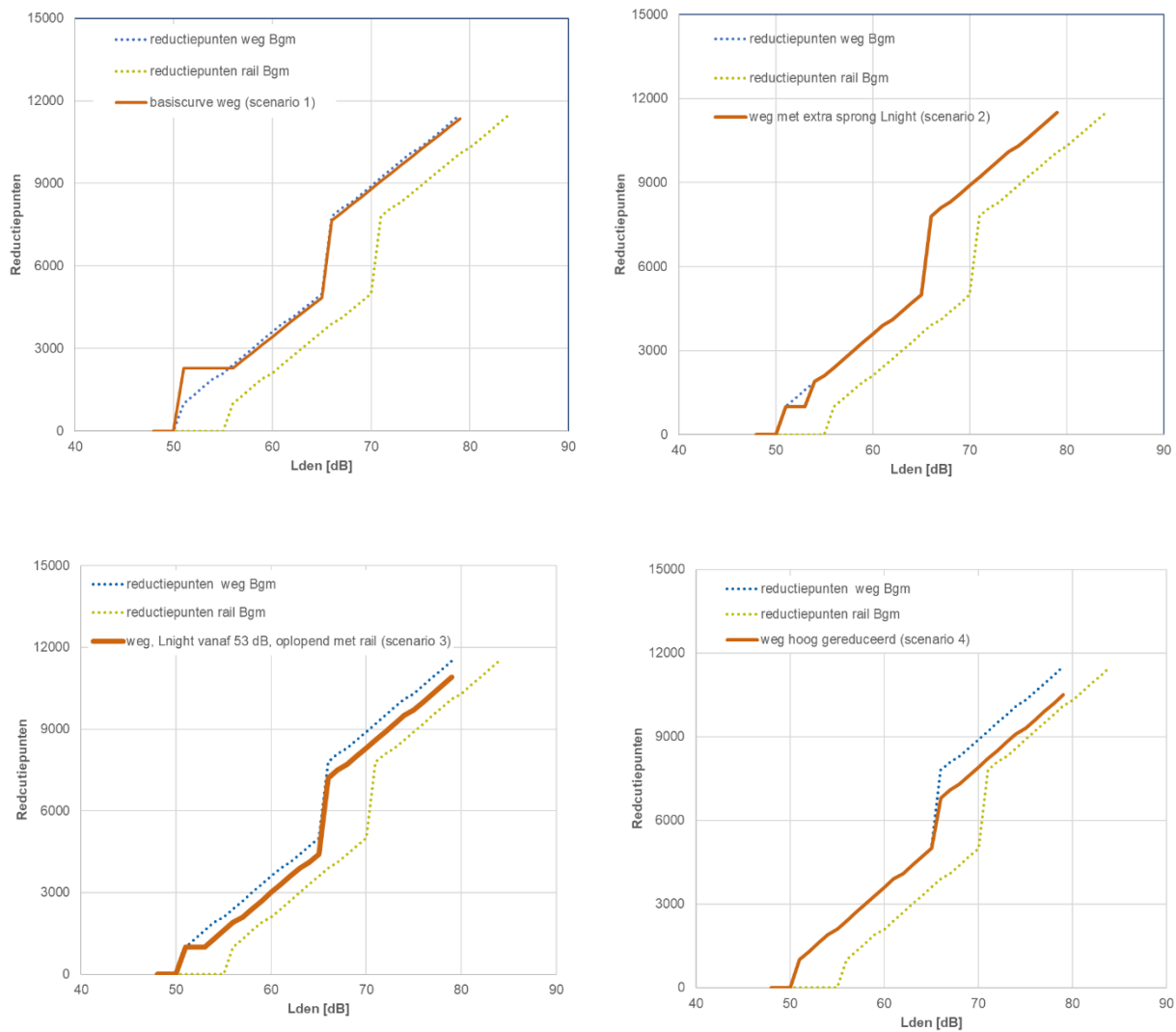
- Scenario 4: weg hoog gereduceerd

Tot aan de grenswaardesprong is de reductiepuntencurve gelijk aan de huidige curve. De sprong in de reductiepunten is bij de grenswaarde 1000 punten kleiner dan de huidige grenswaardesprong. De achtergrond van dit scenario is dat door het MJPG deze hele hoge geluidniveaus veel minder vaak voor zullen komen. Daarnaast is het interessant om vast te stellen wat het effect hiervan is op de maatregelkosten. Dit scenario brengt daarmee tevens in kaart of een verlaging van de reductiepunten bij de hoge geluidbelastingen leidt tot een kostenbesparing voor wegen. De achtergrond hiervan is dat hiermee mogelijk een verwachte kostentoeename voor rail gecompenseerd zou kunnen. Voor dit scenario is er geen equivalent scenario voor railverkeer.

Alle scenario's<sup>3</sup> zijn grafisch weergegeven in figuur 7. In iedere grafiek zijn als referentie ook de huidige curves voor de reductiepunten uit het Bgm voor weg- en railverkeer weergegeven.

---

<sup>3</sup> Het gaat hier om vier basisscenario's. Bij het budgetneutraal maken kan hier nog een extra scenario van af worden geleid.



figuur 7 De verschillende scenario's voor wegverkeer om de nieuwe dosis-effectrelaties in de reductiepuntencurve in te passen.

## 4.2 Railverkeer

Voor railverkeer zijn er de volgende scenario's.

- Scenario 0: curve uit het huidige Bgm.  
Dit is het referentie scenario in de analyse.

- Scenario 1: Basiscurve rail.

Dit scenario hangt samen met scenario 1 voor wegverkeer.

De reductiepuntencurve wordt zo veel mogelijk gelijkgetrokken aan de huidige reductiepuntencurve voor weg, met gelijkblijvend normenstelsel. Voor rail worden er daarom reductiepunten toegekend vanaf 56 dB. Omdat de grenswaarden voor weg- en railverkeer niet gelijk zijn, ligt de grenswaarde sprong ook op een ander punt. De grenswaarde sprong voor rail is gelegd bij 70 dB, de grenswaarde voor railverkeer. In het tussenliggende gebied, tussen 65 en 70 dB, is de helling gelijk gehouden.

- Scenario 2: basiscurve verschuiven naar 52 dB

Uitgangspunt voor dit scenario, net als bij scenario 2 voor wegverkeer, is dat de geluidbelasting waarbij de advieswaarde voor  $L_{night}$  kan worden overschreden, wordt verwerkt in de reductiepunten curve. Het startpunt van de reductiepuntencurve wordt verschoven naar 52 dB. De advieswaarde vanuit de WHO voor  $L_{night}$  is 44 dB. Het gemiddelde verschil tussen  $L_{den}$  en  $L_{night}$  is 8 dB voor railverkeer in Nederland. Dus bij een waarde voor  $L_{den}$  van 52 dB zal de advieswaarde voor  $L_{night}$  gemiddeld worden overschreden.

Er worden echter pas reductiepunten toegekend vanaf 56 dB, omdat in dit onderzoek is uitgegaan van een standaardwaarde van 55 dB. Geluidbelastingen onder de standaardwaarde worden in de Nederlandse systematiek immers acceptabel geacht, en krijgen geen reductiepunten.

- Scenario 3: Weg en rail gelijk vanaf 53 dB

Dit scenario hangt samen met scenario 3 voor wegverkeer.

Uitgangspunt voor dit scenario is dat voor wegverkeer de curve stijgt vanaf 53 dB, omdat dat de advieswaarde voor  $L_{night}$  gemiddeld wordt overschreden. Vervolgens wordt de curve voor railverkeer gelijkgetrokken aan die van wegverkeer, vanuit de gedachte dat de hinder van weg- en railverkeersgeluid vergelijkbaar is.

De helling van de curve en de grenswaarde sprong blijven gelijk. Wel worden er voor railverkeer pas reductiepunten toegekend boven de standaardwaarde van 55 dB<sup>4</sup>.

- Scenario 4: Steilere helling, kleinere grenswaarde sprong

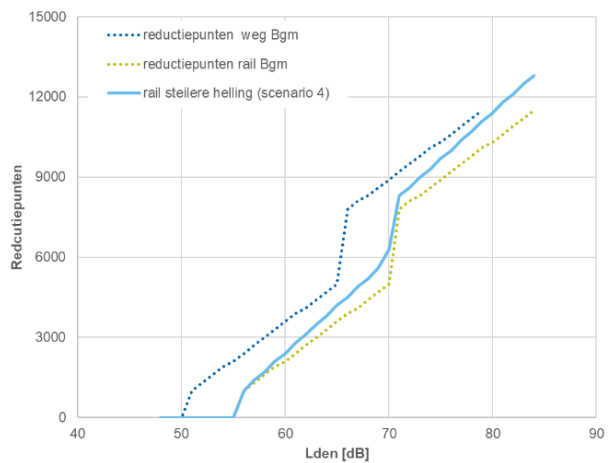
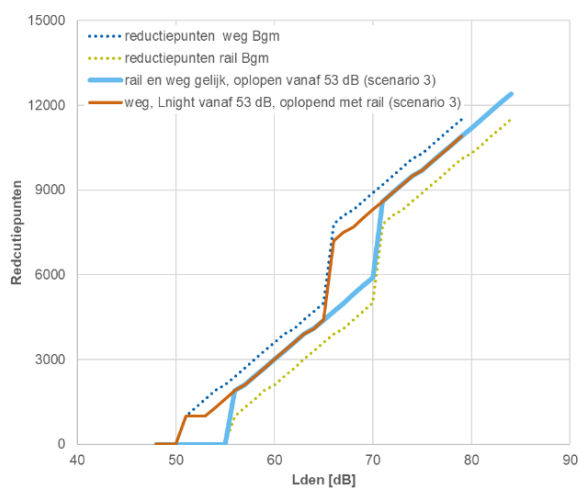
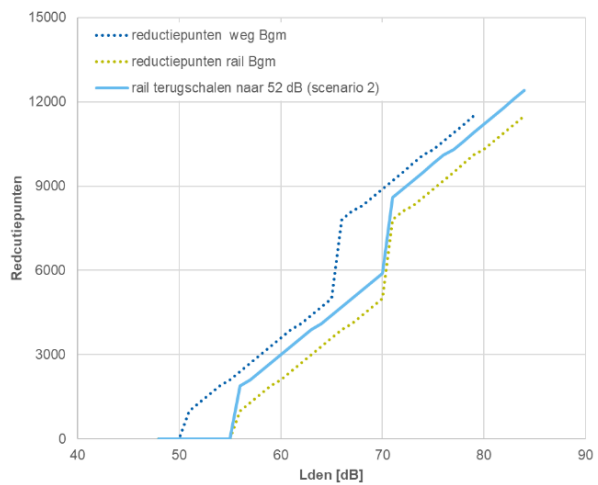
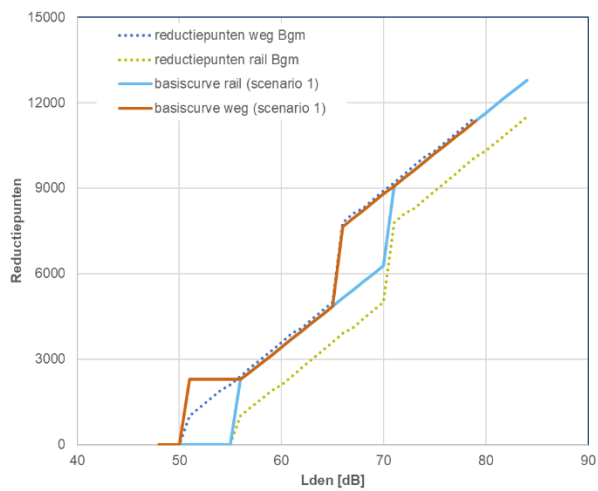
Bij dit scenario wordt als startpunt genomen dat er, net als nu, 1000 reductiepunten worden toegekend bij 56 dB. Dit beschouwen we als staand beleid. De dosis-effectrelatie is echter steiler geworden. Daarom neemt in dit scenario de helling van de reductiepuntencurve toe.

Dit scenario brengt daarmee in kaart wat de invloed van de helling en de grenswaarde sprong is op de kosten. Voor dit scenario is er geen equivalent scenario voor wegverkeer.

De reductiepuntencurve voor elk scenario is gegeven in figuur 8. Ter vergelijking zijn in elk figuur ook de volgende curven weergegeven

- Reductiepuntencurve voor wegverkeerslawaai uit het Bgm
- Reductiepuntencurve voor railverkeerslawaai uit het Bgm (scenario 0)
- Aanvullend is bij scenario 1 en scenario 3 het corresponderend scenario voor weg gegeven.

<sup>4</sup> We merken op dat voor railverkeer scenario 2 en 3 op dezelfde curve neerkomen. De scenario's zijn vanuit een andere redenering opgesteld maar komen tot hetzelfde resultaat.



figuur 8 De verschillende scenario's voor railverkeer om de nieuwe dosis-effectrelaties in de reductiepuntencurve in te passen.

## 5 Resultaten

In principe leidt elk scenario uit hoofdstuk 4 tot een betere representatie van de WHO-dosis-effectrelaties in het DMC. Een analyse van wat het meest kansrijke scenario is, heeft zich daarom vooral gericht op de verschillen in kosten voor maatregelen die elk scenario zou veroorzaken. Een belangrijke randvoorwaarde is immers dat eventuele aanpassingen aan het DMC over weg en rail samen niet tot significant hogere maatregelkosten zouden moeten leiden.

### 5.1 Opzet analyse

In dit hoofdstuk maken we twee analyses:

- Analyse van de geluidbelastingkaart;
- Analyse van de werking van het doelmatigheidscriterium.

De analyse van de geluidbelastingkaart maken we zodat we weten welke klassen van geluidniveaus het meest voorkomen. Deze informatie gebruiken we later bij de analyses wanneer we de financiële gevolgen voor de verschillende scenario's gaan vaststellen.

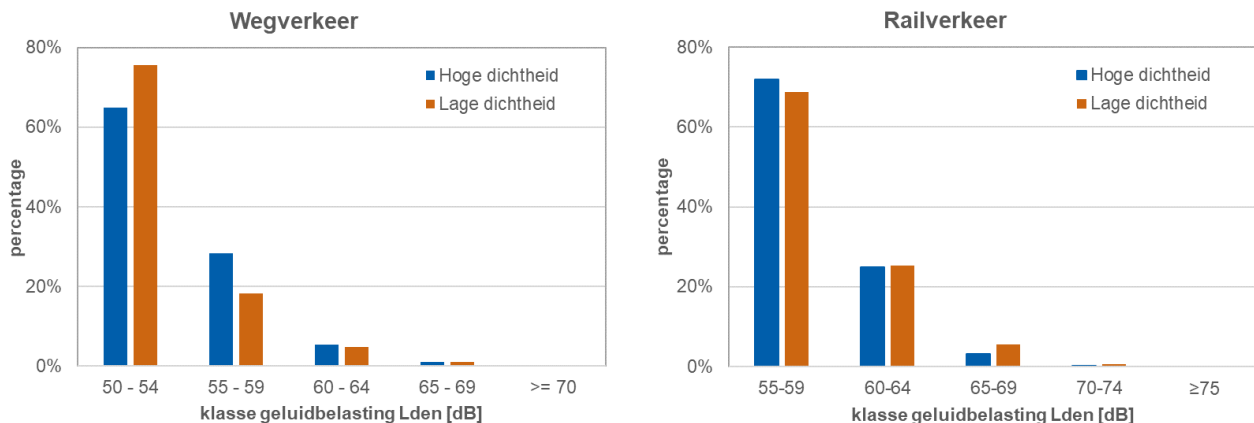
We maken een analyse van de werking van het huidige doelmatigheidscriterium voor wat betreft typische omvang van clusters en de vraag in hoeverre het budget aan reductiepunten wordt besteed aan maatregelen. De resultaten van deze analyse worden gebruikt als input in de DMC-analyse in hoofdstuk 6, waarin de verwachte kosten van de scenario's uit hoofdstuk 4 worden onderzocht.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat de keuze voor de maatregel die wordt getroffen, niet alleen wordt bepaald door het budget. Ook andere factoren spelen een rol. Zo is het bijvoorbeeld niet nodig om het volledige budget te spenderen wanneer de toetswaarde per object al is bereikt. Andere factoren zijn bijvoorbeeld overwegende bezwaren of het voorkomen van ongewenste kapitaalvernietiging.

Daarom maken we op basis van een aantal werkelijke nalevings- en projectonderzoeken onder hst 11 van de Wm, een inschatting van de verhouding tussen de maximale maatregel, die op grond van het budget kan worden getroffen, de daadwerkelijke maatregel en de motivatie hierbij. Deze stap kan worden gezien als een gevoeligheidsanalyse van de omvang van de maatregel als functie van de grootte en samenstelling van het cluster. Dit is van belang om te weten hoe een aanpassing van de reductiepunten door zal werken op de kosten voor maatregelen.

### 5.2 Analyse geluidbelasting kaart

Figuur 9 geeft de verdeling weer van het aantal objecten als functie van de geluidbelasting. Deze verdeling is gemaakt op basis van de geluidkartering. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen gebieden met hoge dichtheid (binnenstedelijk) en lage dichtheid (buitenstedelijk).



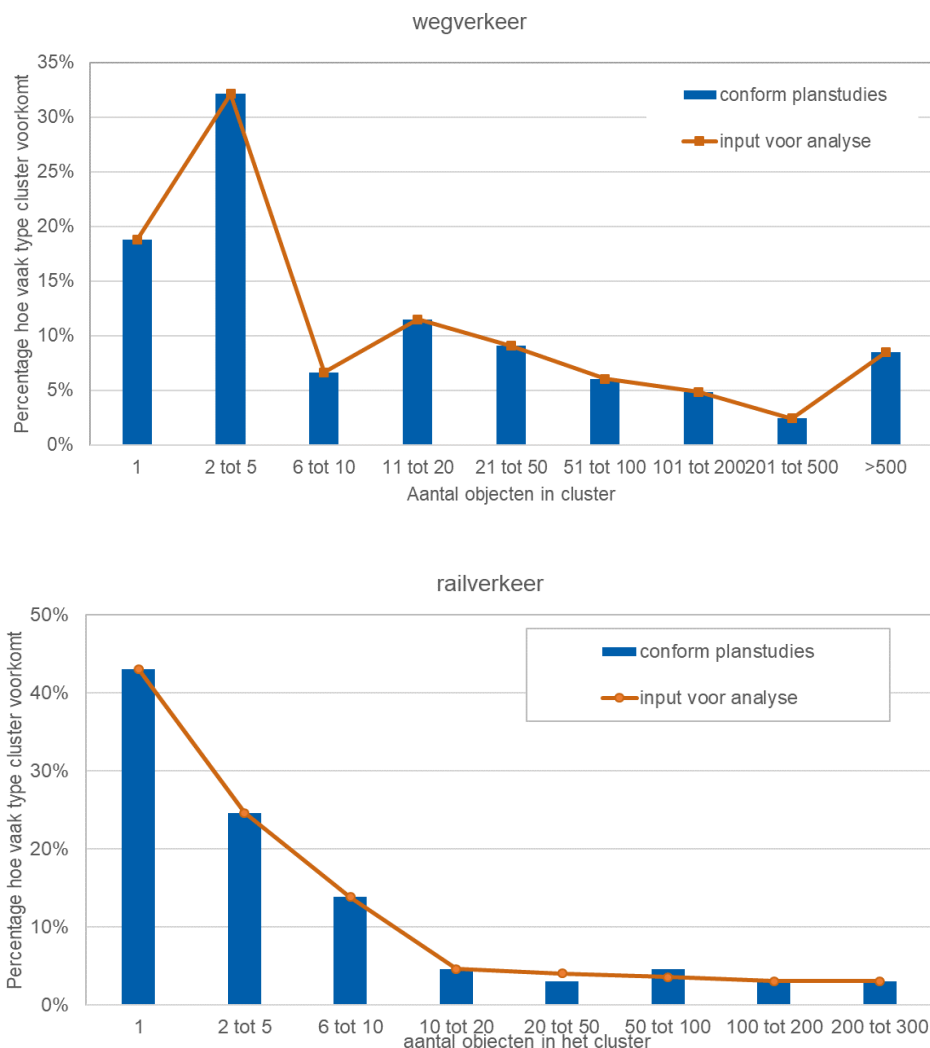
figuur 9 Aantal woningen per geluidklasse voor wegverkeer en voor railverkeer (bron: EU-geluidkaarten)

Uit figuur 9 blijkt dat de laagste geluidklasse (50-54 dB voor wegverkeer en 55-59 dB voor railverkeer) veruit de meeste woningen bevat. Dit is ongeveer 70%. Voor railverkeer is er weinig onderscheid tussen gebieden met hoge en lage woningdichtheid. Voor wegverkeer zien we een wat groter verschil tussen gebieden met hoge en lage dichtheid. In gebieden met lage dichtheid zien we duidelijk meer woningen in de laagste geluidklasse terwijl we in gebieden met lage dichtheid meer objecten in de geluidklasse van 55 tot 59 dB vinden.

## 5.3 Typering van clusters

### 5.3.1 Clusteromvang

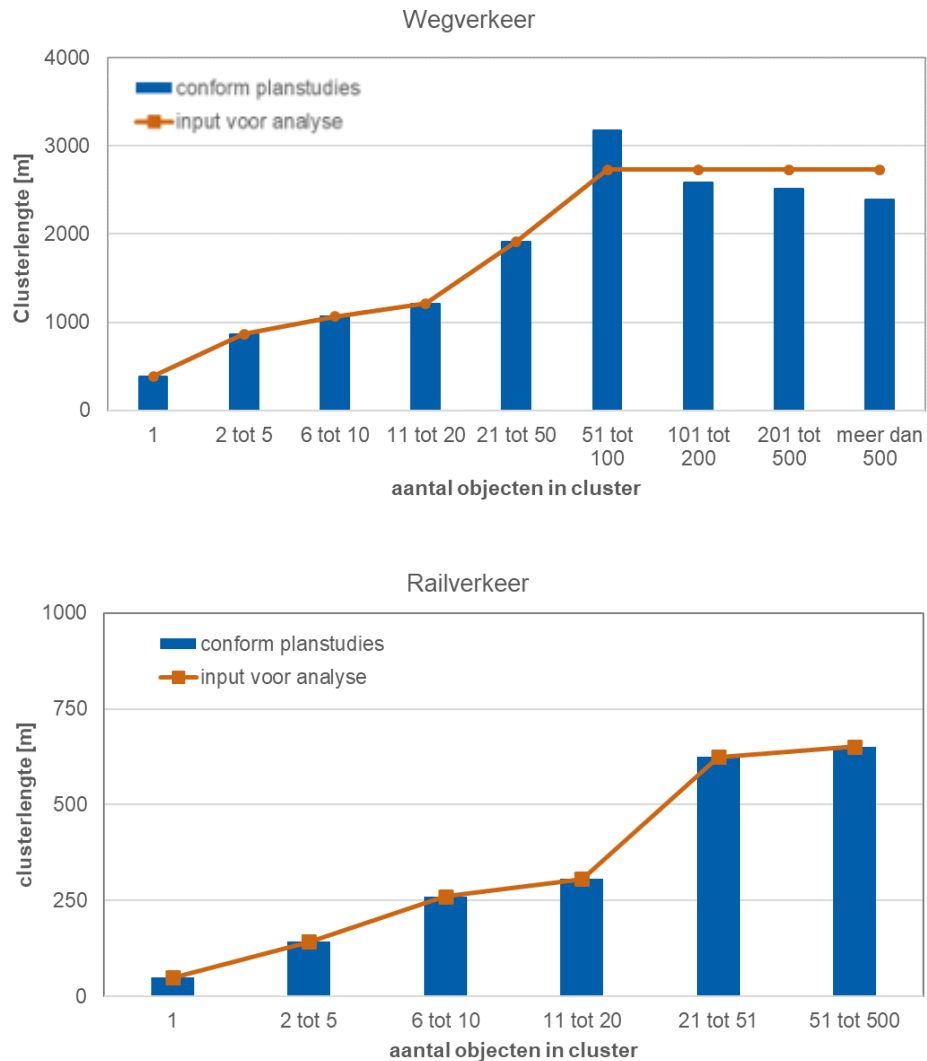
Figuur 10 geeft weer hoe vaak een bepaalde clustergrootte voorkomt in de akoestische onderzoeken, die in het kader van de impactanalyse zijn beschouwd. Kleine clusters komen relatief het vaakst voor zowel voor wegverkeer als railverkeer. Voor railverkeer kan gesteld worden dat hoe groter het cluster, hoe minder vaak het voorkomt. Bij wegverkeer geldt dit niet. Hier zien we dat clusters met 11 tot 50 woningen vaker voorkomen maar ook dat hele grote clusters (meer dan 500 objecten in een cluster) ook nog relatief vaak voorkomen. De oranje lijn geeft aan met welke waarde voor een bepaalde clusteromvang gerekend is in de analyse in hoofdstuk 6.



figuur 10 Analyse omvang van clusters voor wegverkeer en railverkeer

### 5.3.2 Clusterlengte

In figuur 11 is de clusterlengte als functie van het aantal objecten in het cluster weergegeven. Wat opvalt is dat voor wegverkeer een cluster gemiddeld veel langer is dan voor railverkeer. Dit valt te verklaren vanuit het DMC zelf. Bij railverkeer wordt immers gebruik gemaakt van een 1D-zichthoek benadering en bij wegverkeer van een 2D-zichthoek benadering om de lengte van het cluster vast te stellen. Ook geldt voor wegverkeer dat objecten vanaf 51 dB meetellen, terwijl voor railverkeer pas bij 56 dB de standaardwaarde wordt overschreden. Objecten met lagere geluidbelasting zullen gemiddeld verder van de bron liggen, wat leidt tot langere clusters. Daarnaast zien we, vooral voor railverkeer, dat de clusterlengte vanaf een bepaald aantal objecten in het cluster vrijwel niet meer toeneemt. De oranje lijn geeft aan met welke waarde voor een bepaalde clusterlengte gerekend is in de analyse in hoofdstuk 6.

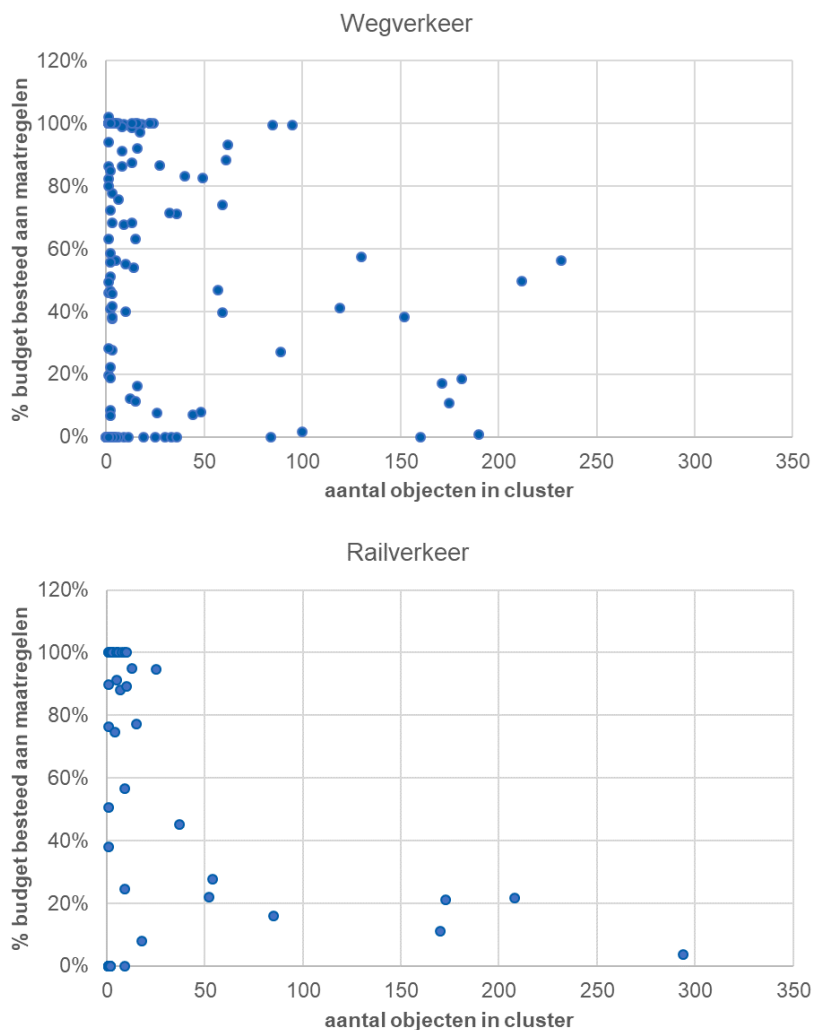


figuur 11 Clusterlengte als functie van het aantal objecten in een cluster voor wegverkeer en railverkeer

### 5.3.3 Gebruikte maatregelpunten

In het kader van de analyse van de financiële consequenties is het interessant om inzichtelijk te maken voor welk type clusters doorgaans al dan niet maatregelen worden getroffen en of het budget daarbij volledig wordt gebruikt. Aanpassing van het reductiepuntenstelsel kan dan namelijk effect hebben op de vraag of er maatregelen en welke maatregelen er getroffen worden.

Daarnaast is vastgesteld hoeveel maatregelpunten gemiddeld besteed worden als functie van de omvang van het cluster.



figuur 12 Overzicht van clustergrootte vs het bestede budget

Uit figuur 12 blijkt dat dit voor wegverkeer en voor railverkeer een ander beeld geeft. Voor railverkeer blijkt dat bij grote clusters (> ongeveer 20 objecten) het volledige budget vrijwel nooit besteed wordt. Bij wegverkeer zien we juist dat pas vanaf 100 objecten het clusterbudget vrijwel nooit meer helemaal opgaat. Dit lijkt logisch doordat de clusterlengte bij wegverkeer groter is (dus de maatregelen duurder) en veel woningen maar een kleine bijdrage aan het budget leveren doordat ze ver weg liggen en dus een relatief lage geluidbelasting hebben.

Vooral bij wegverkeer zijn er clusters waarbij geen budget wordt besteed aan maatregelen. Bij kleine clusters ligt de verklaring hiervoor er deels in dat maatregelen niet altijd doelmatig zijn. Bij zowel de kleinere als de grotere clusters komt het daarnaast voor dat maatregelen soms niet worden getroffen omdat deze stuiten op een overwegend bezwaar.

Tabel II en tabel III geven nogmaals een samenvatting van de resultaten van de getoonde analyses. Wat opvalt is dat er in het algemeen veel meer maatregelpunten worden gebruikt bij wegverkeer dan bij railverkeer. De grotere clusterlengte, oftewel de lengte waarover een maatregel

toegepast wordt, is een belangrijke oorzaak hiervan. Ook zullen de woningen tussen de 50 en 55 dB extra budget genereren voor wegverkeer, met name omdat dat er veel in aantal zijn.

*tabel II      Karakteristieken van clusters voor railverkeer voor clustergrootte en het bestede aantal maatregelpunten*

| Aantal objecten in het cluster | Hoe vaak komt deze clustergrootte voor | Gemiddeld aantal maatregelpunten besteed per cluster |
|--------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                              | 43%                                    | 817                                                  |
| 2 tot 5                        | 25%                                    | 3.907                                                |
| 6 tot 10                       | 14%                                    | 8.001                                                |
| 10 tot 20                      | 5%                                     | 21.605                                               |
| 20 tot 50                      | 3%                                     | 22.826                                               |
| 50 tot 100                     | 5%                                     | 47.223                                               |
| 100 tot 200                    | 3%                                     | 105.698                                              |
| 200 tot 300                    | 3%                                     | 44.101                                               |

*tabel III      Karakteristieken van clusters voor wegverkeer voor clustergrootte en het bestede aantal maatregelpunten*

| Aantal objecten in het cluster | Hoe vaak komt deze clustergrootte voor | Gemiddeld aantal maatregelpunten besteed per cluster |
|--------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                              | 19%                                    | 800                                                  |
| 2 tot 5                        | 32%                                    | 6.632                                                |
| 6 tot 10                       | 7%                                     | 89.342                                               |
| 10 tot 20                      | 12%                                    | 92.455                                               |
| 20 tot 50                      | 9%                                     | 76.991                                               |
| 50 tot 100                     | 6%                                     | 93.724                                               |
| 100 tot 200                    | 5%                                     | 401.947                                              |
| 200 tot 500                    | 2%                                     | 432.612                                              |
| meer dan 500                   | 8%                                     | 567.468                                              |

## 6 Financiële gevolgen

### 6.1 Aanpak

Hoofdstuk 4 beschrijft de scenario's om de dosis-effectrelaties te verwerken in de reductiepuntencurve. Als volgende stap brengen we met een schematische DMC-analyse in beeld wat de kwantitatieve gevolgen zijn van een dergelijke bijstelling.

We maken hiervoor een inschatting per scenario hoeveel meer of minder maatregelen er getroffen zullen worden dan in de huidige situatie. De resultaten van de analyse uit hoofdstuk 5 dienen als input hiervoor.

Om de toename van de kosten in te schatten, vormen we een aantal representatieve clusters. Daarbij is zowel het aantal objecten in een cluster gevarieerd als ook de geluidbelasting op de objecten.

Voor de representatieve clusters bepalen we voor alle scenario's:

- Het beschikbare budget in reductiepunten;
- De doelmatige maatregel en de bijbehorende kosten in maatregelpunten.

Op basis van de resultaten uit hoofdstuk 5 is bekend hoe vaak clusters met een bepaalde omvang voorkomen. Ook is bekend hoe vaak een bepaalde klasse van geluidbelasting voorkomt. Die informatie is vervolgens gebruikt om een extrapolatie te maken naar de totale verwachte kosten, in vergelijking met het referentiescenario 0. Dit geeft per scenario een uitkomst van de verwachte toe- of afname voor de kosten van geluidmaatregelen.

### 6.2 Opzet analyse

We hebben de volgende cluster indeling gebruikt:

| categorie | aantal objecten wegverkeer | aantal objecten railverkeer |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| 1         | 1                          | 1                           |
| 2 – 5     | 3                          | 3                           |
| 6 – 10    | 8                          | 8                           |
| 11 - 20   | 15                         | 15                          |
| 21-50     | 35                         | 35                          |
| 51 – 100  | 75                         | 75                          |
| 101 -200  | 150                        | -                           |
| 201 – 500 | 350                        | -                           |

Per cluster (met uitzondering van clusters van 1 object) gaan we ervan uit dat er twee geluidbelastingen zijn, omdat objecten binnen een cluster niet even ver van de bron aflaggen. Voor de hoogste geluidbelasting in het cluster (overeenkomend met de eerstelijns bebouwing) hebben we vier niveaus gekozen, namelijk 56, 61, 66 en 71 dB. De laagste geluidbelasting (overeenkomend met de achterste lijn bebouwing) is afhankelijk van de clustergrootte, waarbij we onderscheid gemaakt hebben tussen grote (>10 objecten) en kleine clusters. Deze waarden zijn weergegeven in onderstaande tabel. Voor kleine clusters veronderstellen we dat de geluidbelasting op de tweede lijn 5 dB lager is dan op de eerste lijn waarbij we voor wegverkeer een minimale waarde van 53 dB en voor railverkeer een minimale waarde van 56 dB aanhouden. Voor grote

clusters is als laagste geluidbelasting gekozen voor 53 dB voor wegverkeer en 56 dB voor railverkeer.

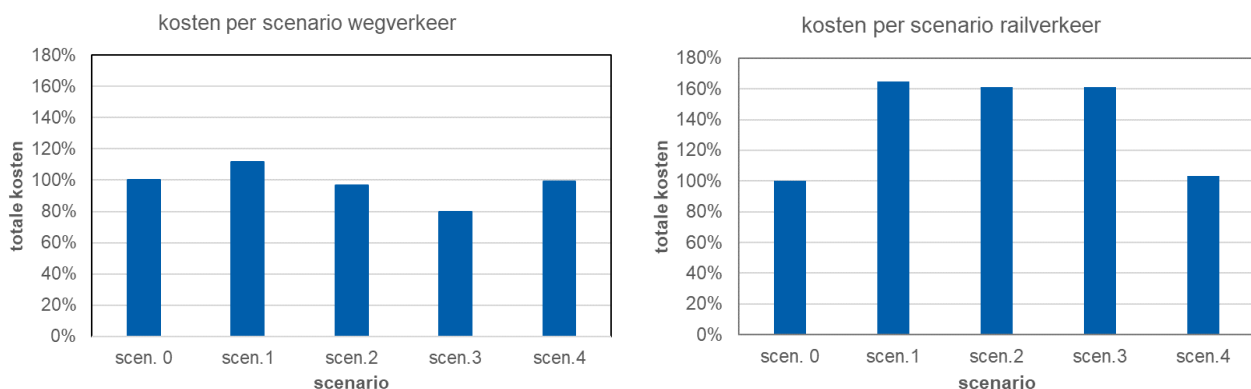
tabel IV Geluidbelastingen in de DMC-simulaties

|                 |                         | wegverkeer $L_{den}$ [dB] |    |    |    | railverkeer $L_{den}$ [dB] |    |    |    |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|----|----|----|----------------------------|----|----|----|
| kleine clusters | hoogste geluidbelasting | 56                        | 61 | 66 | 71 | 56                         | 61 | 66 | 71 |
|                 | laagste geluidbelasting | 53                        | 56 | 61 | 66 | 56                         | 56 | 61 | 66 |
| grote clusters  | hoogste geluidbelasting | 56                        | 61 | 66 | 71 | 56                         | 61 | 66 | 71 |
|                 | laagste geluidbelasting | 53                        | 53 | 53 | 53 | 56                         | 56 | 56 | 56 |

Verder veronderstellen we dat de weg bestaat uit 2x2 rijstroken en het spoor dubbelsporig is. De clusterlengte is vastgesteld op basis van de resultaten uit hoofdstuk 5. De benodigde geluidreductie om op de woningen aan de toetswaarde te kunnen voldoen is 5 dB. De geluidreductie van 5 dB is gekozen als een soort 'worst case' uitgangspunt. Voor wegverkeer zal een geluidreductie van 2 of 3 dB in de praktijk vanuit de naleving vaker voorkomen. In hoofdstuk 7 bij de gevoeligheidsanalyse zullen we vaststellen wat het effect hiervan is.

### 6.3 Resultaten

Deze paragraaf toont de resultaten van de analyse. Als eerste worden in figuur 13 de kosten per scenario weergegeven voor wegverkeer (links) en railverkeer (rechts).



figuur 13 Kostentoeename voor de verschillende scenario's voor wegverkeer en railverkeer

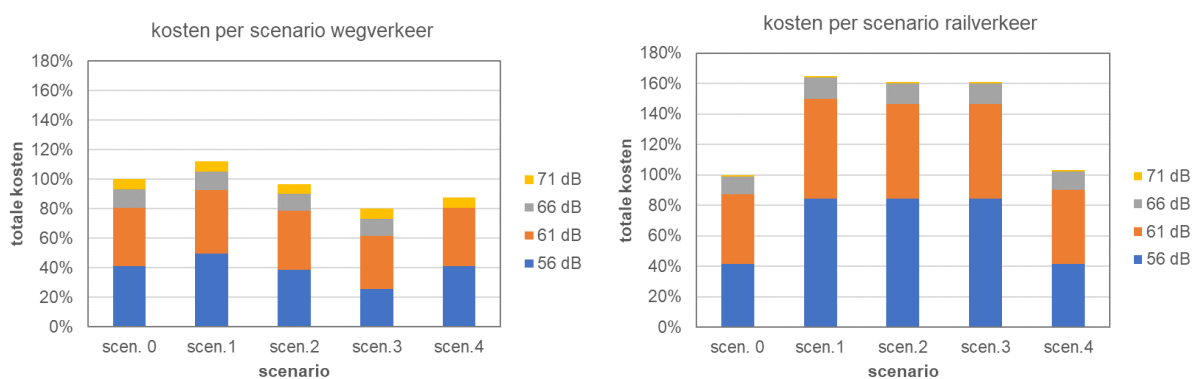
Uit de resultaten in figuur 13 kunnen we de volgende conclusies trekken:

- Voor wegverkeer zien we dat scenario 1 zorgt voor een toename van 12%. De overige scenario's zorgen voor afname van de kosten tot maximaal 20% voor scenario 3. Het reduceren van de reductiepunten bij lage geluidbelastingen, scenario 2, heeft vrijwel geen effect op de kosten. Ook het reduceren van het aantal reductiepunten boven de grenswaarde, scenario 4, leidt nauwelijks tot een kostenbesparing;
- Voor railverkeer zien we dat scenario 1, 2 en 3 leiden tot een toename in de kosten van ongeveer 60 %. Scenario 4 zorgt voor vrijwel geen toename van de kosten.

De scenario's zijn voor railverkeer dus meer onderscheidend dan voor wegverkeer. Dit is ook te verwachten aangezien de verschillen tussen de scenario's 1, 2 en 3 aan de ene kant en scenario 0 en 4 aan de andere kant voor railverkeer ook groter zijn dan voor wegverkeer.

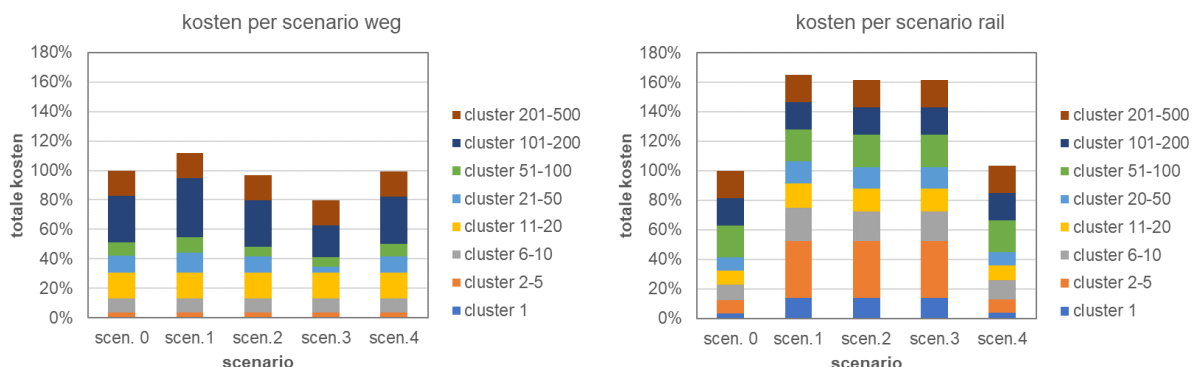
Een stap dieper in de analyse hebben we bepaald bij welke geluidklassen we de grootste effecten vinden. De resultaten hiervan zijn weergegeven in figuur 14. Voor elk scenario is hierin de bijdrage van een geluidklasse op de totale kosten weergegeven.

Uit de resultaten blijkt dat de kosten vooral veranderen bij de laagste geluidbelasting, de 56 geluidklasse en in mindere mate bij de 61 dB geluidklasse. Bij deze geluidklassen vindt de grootste toename van de kosten plaats en zien we bij wegverkeer ook de grootste daling van de kosten voor de scenario's 2 en 3.



figuur 14 Toename van de kosten per geluidklasse voor de verschillende scenario's

Een andere manier om de resultaten te analyseren is door te bekijken voor welke typische clusters we de grootste verschillen in de kosten vinden tussen de verschillende scenario's. Dit is weergegeven in figuur 15. Hierin is voor elk scenario per cluster grootte het aandeel in de totale kosten weergegeven.



figuur 15 Toename van de kosten per scenario als functie van het aantal objecten in een cluster.

Op basis van de resultaten in figuur 15 komen we tot de volgende conclusies:

- Voor wegverkeer zien we het grootste effect voor clusters tussen 101 en 200 objecten. De variatie in kosten tussen de verschillende scenario's is hier het grootst;
- We vinden ook nog een duidelijk effect voor clusters met 21 tot 50 en 51 tot 100 objecten.

- Voor clusters tot 20 objecten of clusters met meer dan 200 objecten zien we vrijwel geen variatie in kosten tussen de verschillende scenario's;
- Voor railverkeer nemen we variatie in kosten waar voor clusters tot 50 objecten. De grootste variatie vinden we hierbij voor clusters met 2 tot 5 objecten;
- Voor clusters met meer dan 50 objecten is er vrijwel geen verschil in de kosten tussen de verschillende scenario's.

## 6.4 Selectie van scenario's voor bandbreedte analyse

In deze paragraaf beoordelen we de verschillende scenario's en bepalen we voor welke scenario's we een bandbreedte analyse uit gaan voeren. Met de bandbreedte analyse krijgen we inzicht voor welke parameters de analyse gevoelig is.

- Scenario 0, de huidige curve wordt meegenomen in de verdere analyse als referentie. Scenario 0 voor weg is echter ook een interessante optie op zichzelf aangezien de hindercurve voor wegverkeer niet heel erg veranderd is.
- Scenario 1, de basiscurve voor weg sluit goed aan bij de nieuwe dosis-effectrelatie en heeft een corresponderend scenario voor rail. Scenario 1 wordt meegenomen in de analyse, om het effect in kaart te brengen van een betere bescherming van de lage geluidbelastingen. Uit paragraaf 6.3 bleek immers dat juist bij de lage geluidbelasting de grootste verschillen tussen de scenario's optreden. Juist omdat dit scenario een kostenname bij lage geluidbelastingen oplevert, kan in de bandbreedte analyse zichtbaar worden gemaakt of deze afhangt van de gekozen uitgangspunten.
- Scenario 2 voor weg. Omdat gebleken is dat de kleine aanpassingen in reductiepunten bij de lage geluidbelastingen zo goed als geen effect hebben op de maatregelen en de kosten, wordt dit scenario verder buiten beschouwing gelaten.
- Scenario 3 voor weg sluit op zich goed aan bij het WHO-advies en aangezien deze voor wegverkeer al voor een besparing in kosten zorgt, is dit een interessante optie om verder te analyseren.
- Voor scenario 4 voor wegverkeer blijkt dat het effect op de kosten vrijwel nihil is. Ook sluit dit scenario minder goed aan bij de dosis-effectrelatie uit het WHO-advies. We zien dan ook geen reden om dit scenario verder mee te nemen in de analyse.

Voor railverkeer komen we tot de volgende conclusies:

- Scenario 0 zal meegenomen worden als referentie;
- Scenario 1 sluit goed aan bij het WHO-advies en heeft een corresponderend scenario voor wegverkeer. Scenario 1 zal dus in de bandbreedte analyse worden meegenomen;
- Scenario 2 en 3 voor railverkeer zijn dezelfde curve, maar zijn met een andere gedachte tot stand gekomen. We kiezen ervoor om scenario 3 mee te nemen in de verder analyse. Deze curve correspondeert met scenario 3 voor wegverkeer, wat goed overeenkomt met de WHO-analyse dat de dosis-effectrelaties voor weg- en railverkeer vrijwel gelijkwaardig zijn.
- Scenario 4 laat het huidige beleid in stand dat er bij 56 dB met 1000 reductiepunten gestart wordt. Dat blijkt te leiden tot een significante reductie van de kosten ten opzichte van scenario 1, 2 en 3. Het is echter de vraag of dit scenario voldoende bescherming biedt bij  $L_{night}$  en dan voornamelijk voor de lage geluidbelastingen. Daarnaast is er voor deze curve ook geen alternatief voor wegverkeer, waardoor er niet voldaan wordt aan het uitgangspunt dat de dosis-effectrelatie voor weg- en railverkeer vrijwel gelijkwaardig is. We nemen dit scenario niet verder mee in de analyse.

## 6.5 Budgetneutraal scenario

Naast deze scenario's willen we in de bandbreedte analyse ook nog een (nagenoeg) budgetneutraal scenario meenemen. Om dit budgetneutraal scenario op te stellen gaan we uit van de geraamde kosten voor maatregelen voor naleving en projecten vanuit het END-actieplan voor weg- en railverkeer. Hierin is een budget gereserveerd van 40 miljoen euro voor geluidmaatregelen voor railverkeer en 260 miljoen euro voor wegverkeer. Voor wegverkeer zijn er sindsdien nieuwe schattingen gemaakt voor de kosten voor de naleving. Omdat voor railverkeer een dergelijke schatting ontbreekt, nemen we de schatting uit het meest recente END-actieplan als uitgangspunt voor het opstellen van het budgetneutraal scenario.

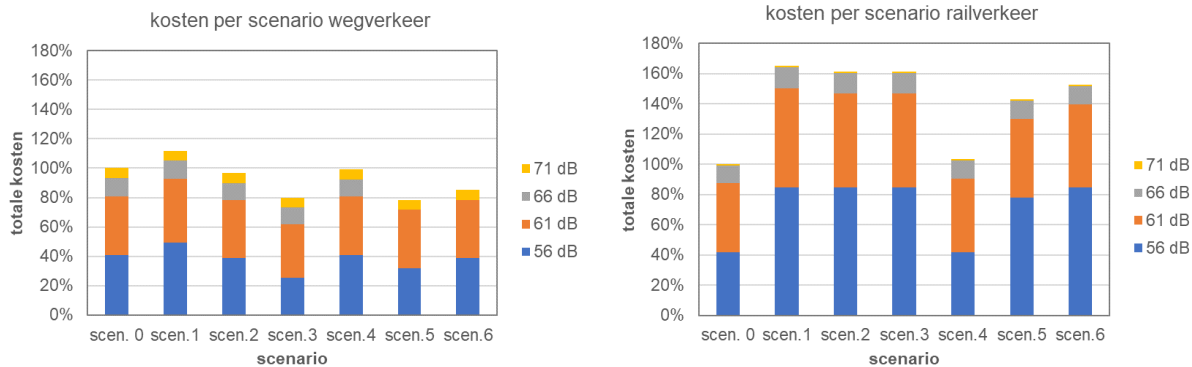
Uit de analyse blijkt dat de toename van de kosten voor railverkeer voor de scenario's 1 en 3 ongeveer 60% bedragen. Dit komt overeen met een bedrag van 24 miljoen. Bij gelijkblijvende kosten voor wegverkeer betekent dit dat het totale investeringsbudget van 300 miljoen toeneemt met 8%. Als budgetneutraal scenario kiezen we voor een scenario waarmee we deze toename in zijn geheel ongedaan maken.

We gaan de reductiepunten voor weg en rail met een gelijke factor schalen zodat het uitgangspunt dat weg en rail gelijkwaardig zijn, gehandhaafd wordt. Door te schalen wordt het aantal reductiepunten bij elke geluidbelasting met hetzelfde percentage verminderd. Daarnaast blijven de vorm van de curve en de uitgangspunten met betrekking tot het normenstelsel en de grenswaardesprong behouden. Wel moet voor een budgetneutraal scenario de curve minder steil worden gemaakt, terwijl dat in de dosis-effectrelatie juist niet het geval is.

Voor wegverkeer schalen we ten opzichte van scenario 0. Dit is namelijk een aannemelijk scenario, omdat de dosis-effectrelaties maar weinig gewijzigd zijn ten opzichte van de Miedema-curve. Alleen in de lagere geluidbelastingen is er een toename van de hinder (zoals onderzocht in scenario 1); echter de vraag is hoe groot de betrouwbaarheid van de gepresenteerde hinderpercentages daar is. Mogelijk is deze beïnvloed door het fitten van een tweede orde functie. Voor railverkeer kiezen we voor schaling ten opzichte van scenario 1. Deze correspondeert oorspronkelijk met scenario 1 voor wegverkeer; echter doordat pas vanaf 56 dB reductiepunten worden toegekend, correspondeert deze ook met scenario 0 voor wegverkeer.

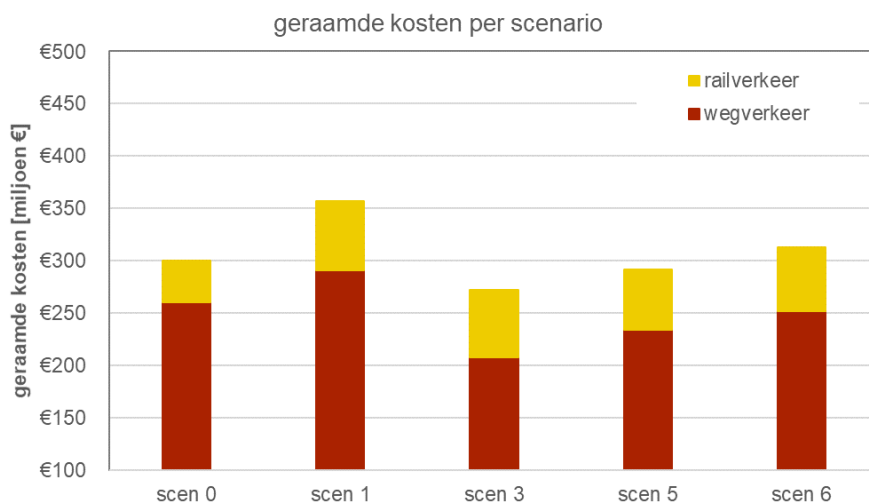
Het blijkt dat een schaalfactor voor de reductiepunten van 83% de kostentoename in zijn geheel neutraliseert. Dit scenario noemen we scenario 5. Om de gevoeligheid van de schaling inzichtelijk te maken laten we nog een zesde scenario zien, waarbij het aantal reductiepunten net iets hoger ligt dan voor scenario 5 (85% in plaats van 83%).

Uit figuur 16 blijkt dat de toename van de kosten voor railverkeer het grootst is voor de laagste geluidklasse. De kostenreductie bij wegverkeer vindt ook plaats in deze geluidklasse.



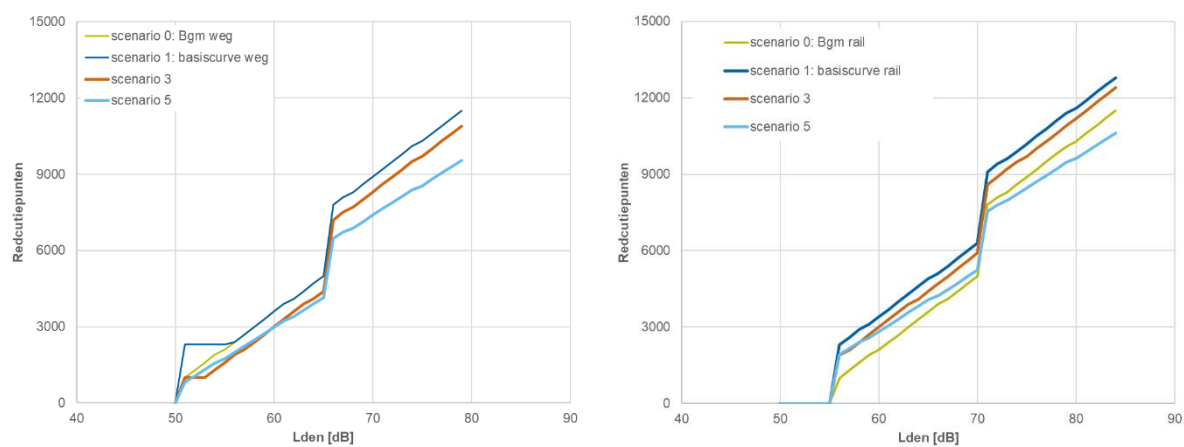
figuur 16 Toename van de kosten per geluidklasse voor de verschillende scenario's.

Uit figuur 17 blijkt dat voor scenario 6 de kosten nemen hierin relatief meer toe dan de toegekende reductiepunten in vergelijking met scenario 5. Een kleine wijziging in de schaalfactor kan dus tot een relatief grote kostentoename leiden. Bij een aangepaste inschatting van de daadwerkelijke kosten voor geluidmaatregelen van weg- en railverkeer kan dit dus leiden tot een andere benodigde schaalfactor om tot een budgetneutraal scenario te komen.



figuur 17 Totale kosten voor geluidmaatregelen voor weg- en railverkeer

In onderstaande figuur is nogmaals een samenvatting gegeven van de scenario's die we zullen beoordelen in de bandbreedte analyse.



figuur 18 Scenario's die meegenomen worden in de bandbreedte analyse: links wegverkeer, rechts railverkeer.

## 7 Bandbreedte analyse

In een tweede stap zijn we de uitgangspunten gaan variëren om te bepalen wat de variatie is in het aantal bestede maatregelpunten. Hiermee wordt een goed beeld verkregen van de bandbreedte van de kostentoeename. Hierbij hebben we de volgende parameters gevarieerd:

- Het totale aantal objecten in het cluster;
- De geluidbelasting op objecten op de eerste lijn bebouwing en op de achterste lijn bebouwing in het cluster;
- De lengte van het cluster;
- Het aantal sporen / rijstroken;
- De minimale benodigde geluidreductie om op de woningen aan de toetswaarde te kunnen voldoen;
- De aanwezigheid van een bronmaatregel.

Voor railverkeer komen we hiermee op twaalf varianten. Voor wegverkeer komen we tot veertien varianten. Hier hebben we namelijk nog expliciet gekeken naar de situatie waarin een geluidreductie van 2 dB gevraagd is met en zonder dat er al een bronmaatregel aanwezig is. Deze situatie zal namelijk bij nalevingsprojecten vaak voorkomen.

### 7.1 Resultaten wegverkeer

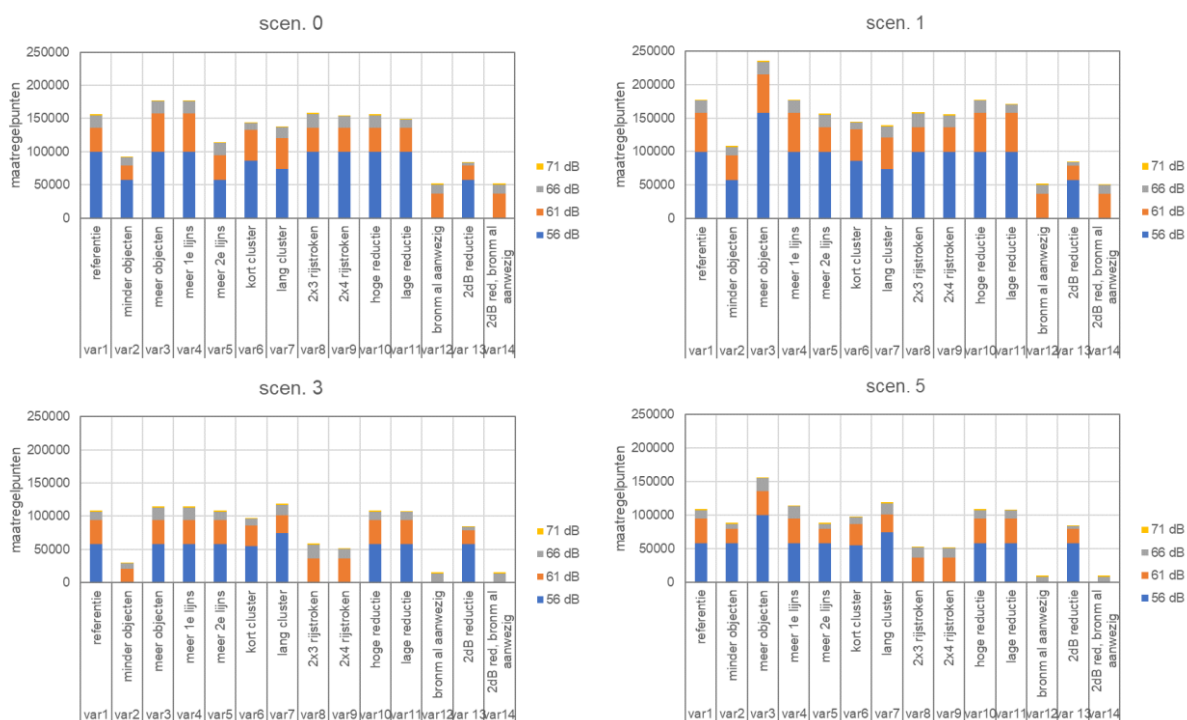
Voor wegverkeer hebben we de volgende varianten gebruikt bij een cluster van 51 tot 100 objecten.

tabel V

*Bandbreedte analyse wegverkeer: cluster 51 tot 100 objecten*

| variant | omschrijving              | #obj 1 <sup>e</sup> lijn | #obj 2 <sup>e</sup> lijn | clusterlengte [m] | # rijstroken | geluidreductie [dB] | bronmaatregel aanwezig? |
|---------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| var 1   | referentie                | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 2   | minder objecten           | 26                       | 26                       | 2731              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 3   | meer objecten             | 49                       | 49                       | 2731              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 4   | meer 1 <sup>e</sup> lijns | 53                       | 22                       | 2731              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 5   | meer 2 <sup>e</sup> lijns | 22                       | 53                       | 2731              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 6   | kort cluster              | 38                       | 37                       | 1500              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 7   | lang cluster              | 38                       | 37                       | 3500              | 4            | 5                   | nee                     |
| var 8   | 2x3 rijstroken            | 38                       | 37                       | 2731              | 6            | 5                   | nee                     |
| var 9   | 2x4 rijstroken            | 38                       | 37                       | 2731              | 8            | 5                   | nee                     |
| var 10  | hoge reductie             | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 7                   | nee                     |
| var 11  | lage reductie             | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 3                   | nee                     |
| var 12  | al bron aanwezig          | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 5                   | ja                      |
| var 13  | 2 dB reductie             | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 2                   | nee                     |
| var 14  | 2 dB met bron             | 38                       | 37                       | 2731              | 4            | 2                   | ja                      |

Het aantal gebruikte maatregelpunten per variant is voor de scenario's weergegeven in figuur 19. Er is in de resultaten onderscheid gemaakt tussen de verschillende geluidbelastingen. Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt bij welke geluidniveaus het effect het grootst is.



figuur 19 Resultaten bandbreedte analyse voor clusters met een grootte van 51 tot 100 objecten. Per scenario is het aantal bestede maatregelpunten per variant weergegeven.

Uit de resultaten blijkt dat:

- De analyse is gevoelig voor het aantal rijstroken. Voor variant 8 en 9 is er veel variatie tussen de verschillende scenario's. Ook de aanwezigheid van een bronmaatregel in de huidige situatie is een parameter die voor duidelijke verschillen zorgt;
- De analyse is redelijk gevoelig voor het aantal objecten in het cluster en de verdeling van het aantal objecten over de eerste en tweedelijns bebouwing;
- De analyse is vrijwel niet gevoelig voor de vereiste geluidreductie en de clusterlengte.

Bij hoge geluidbelastingen zien we dat er in het algemeen meer budget beschikbaar is dan er kosten worden gemaakt. Dit betekent dan ook dat er geen verschil zichtbaar is tussen de verschillende scenario's omdat er in de huidige situatie al voldoende beschikbaar is. Juist bij lage geluidbelastingen vinden we duidelijke spreiding in de bandbreedte analyse. Voor het totaalplaatje heeft dit een groot effect omdat de lage geluidbelastingen veel meer voorkomen dan de hoge geluidbelastingen

## 7.2 Resultaten railverkeer

Voor railverkeer hebben we een vergelijkbare bandbreedte analyse uitgevoerd voor twee clustergroottes:

- Een cluster met 6 tot 10 objecten. De resultaten zijn weergegeven in figuur 20;
- Een cluster met 21 tot 50 objecten. De resultaten zijn weergegeven in figuur 21.

tabel VI

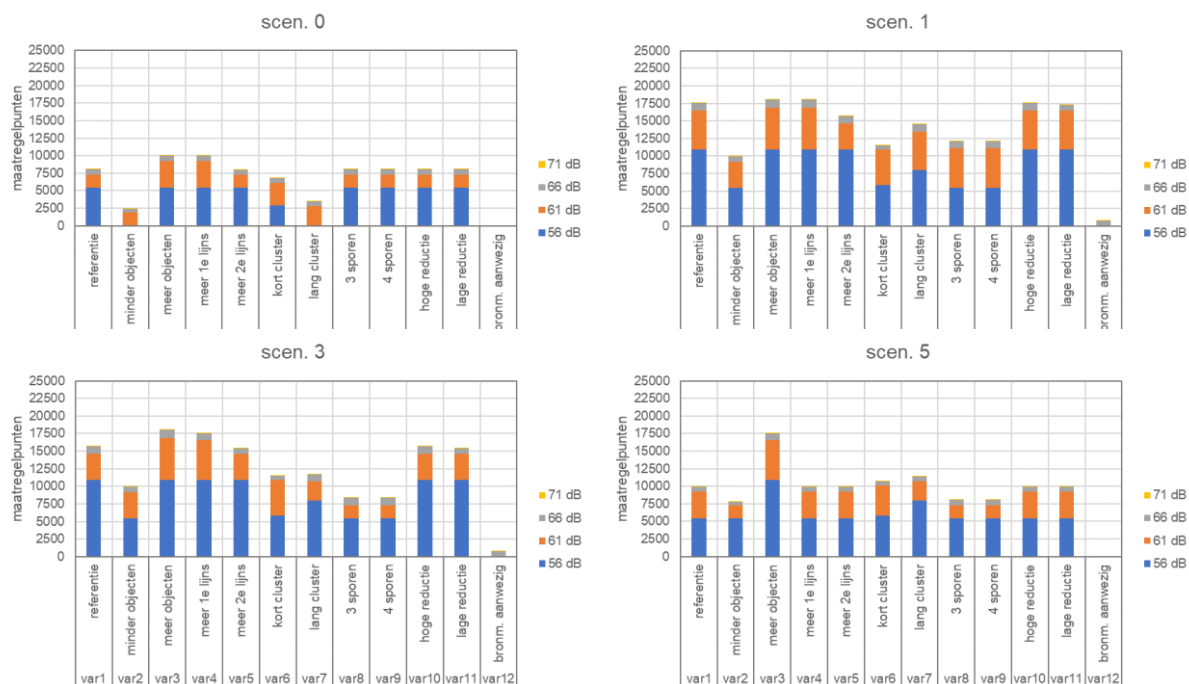
*Bandbreedte analyse railverkeer: cluster 6 tot 10 objecten*

| variant | omschrijving              | #obj 1 <sup>e</sup> lijn | #obj 2 <sup>e</sup> lijn | clusterlengte [m] | # sporen | geluidreductie [dB] | bronmaatregel aanwezig? |
|---------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|----------|---------------------|-------------------------|
| var 1   | referentie                | 4                        | 4                        | 261               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 2   | minder objecten           | 3                        | 3                        | 261               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 3   | meer objecten             | 5                        | 5                        | 261               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 4   | meer 1 <sup>e</sup> lijns | 6                        | 2                        | 261               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 5   | meer 2 <sup>e</sup> lijns | 2                        | 6                        | 261               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 6   | kort cluster              | 4                        | 4                        | 140               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 7   | lang cluster              | 4                        | 4                        | 382               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 8   | 3 sporen                  | 4                        | 4                        | 261               | 3        | 5                   | nee                     |
| var 9   | 4 sporen                  | 4                        | 4                        | 261               | 4        | 5                   | nee                     |
| var 10  | hoge reductie             | 4                        | 4                        | 261               | 2        | 7                   | nee                     |
| var 11  | lage reductie             | 4                        | 4                        | 261               | 2        | 3                   | nee                     |
| var 12  | al bron aanwezig          | 4                        | 4                        | 261               | 2        | 5                   | ja                      |

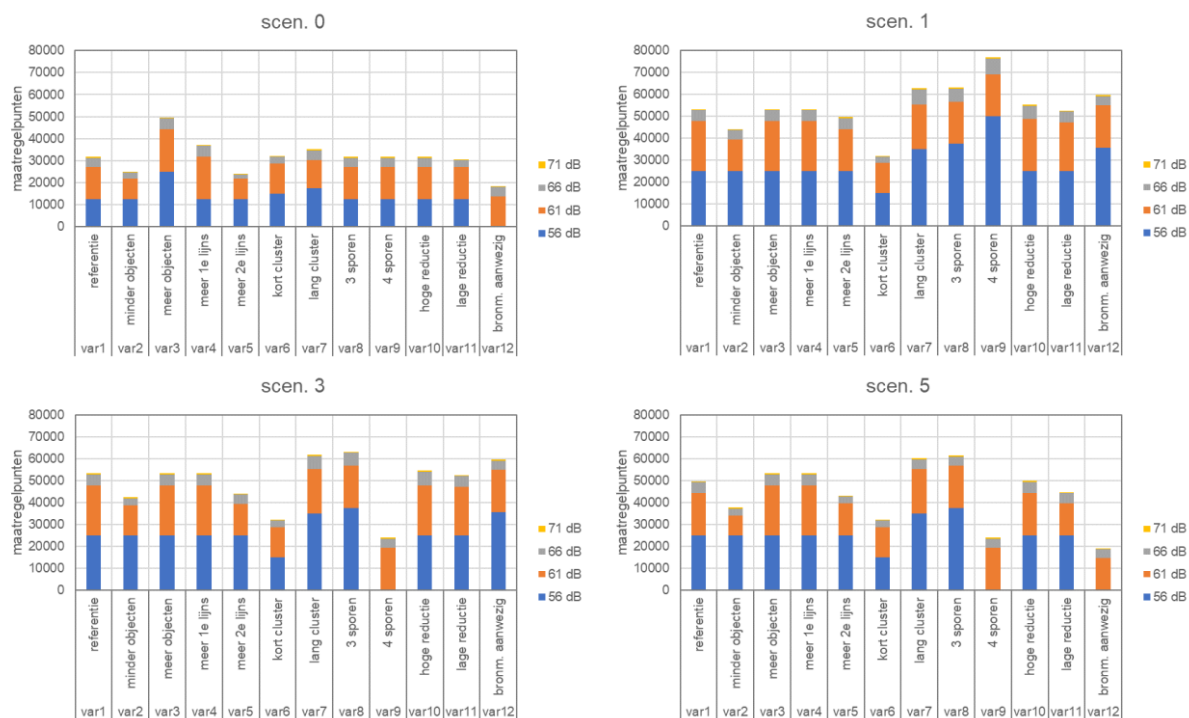
tabel VII

*Bandbreedte analyse railverkeer: cluster 21 tot 50 objecten*

| variant | omschrijving              | #obj 1 <sup>e</sup> lijn | #obj 2 <sup>e</sup> lijn | clusterlengte [m] | # sporen | geluidreductie [dB] | bronmaatregel aanwezig? |
|---------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------|----------|---------------------|-------------------------|
| var 1   | referentie                | 18                       | 17                       | 625               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 2   | minder objecten           | 11                       | 10                       | 625               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 3   | meer objecten             | 25                       | 25                       | 625               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 4   | meer 1 <sup>e</sup> lijns | 30                       | 5                        | 625               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 5   | meer 2 <sup>e</sup> lijns | 5                        | 30                       | 625               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 6   | kort cluster              | 18                       | 17                       | 375               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 7   | lang cluster              | 18                       | 17                       | 875               | 2        | 5                   | nee                     |
| var 8   | 3 sporen                  | 18                       | 17                       | 625               | 3        | 5                   | nee                     |
| var 9   | 4 sporen                  | 18                       | 17                       | 625               | 4        | 5                   | nee                     |
| var 10  | hoge reductie             | 18                       | 17                       | 625               | 2        | 7                   | nee                     |
| var 11  | lage reductie             | 18                       | 17                       | 625               | 2        | 3                   | nee                     |
| var 12  | al bron aanwezig          | 18                       | 17                       | 625               | 2        | 5                   | ja                      |



figuur 20 Resultaten bandbreedte analyse voor clusters met een grootte van 6 tot 10 objecten.



figuur 21 Resultaten bandbreedte analyse voor clusters met een grootte van 21 tot 50 objecten.

Voor een cluster met 6 tot 10 objecten zien we de grootste gevoeligheid voor variant 3, variant 7 en variant 12. Dit zijn het aantal objecten in het cluster, de lengte van het cluster en de aanwezigheid van een bronmaatregel in de huidige situatie. De gevoeligheid voor de eerste parameter komt doordat we een relatief klein cluster bekijken. Het toevoegen van één object betekent dan dat het totale aantal objecten relatief veel toeneemt. Voor clusters met 21 tot 50 objecten zien we al dat deze parameter minder gevoelig is. De gevoeligheid voor of er al een bronmaatregel getroffen is zien we bij clusters van 21 tot 50 objecten ook terug. In scenario 0 is hier niks mogelijk voor lagere geluidbelastingen maar bij scenario 1 en 3 wel waardoor er ook meteen veel meer maatregelpunten worden uitgegeven.

De lengte van het cluster zien we in mindere mate terug bij grotere clusters. Verder nemen we ook een redelijke gevoeligheid waar voor het aantal sporen en de verdeling van de objecten over de eerste en tweede lijn van de bebouwing.

Ten slotte blijkt dat de analyse vrijwel niet gevoelig is voor de vereiste geluidreductie.

Net als bij wegverkeer zien we ook voor railverkeer dat de grootste variatie in het aantal bestede maatregelpunten optreedt voor de lage geluidbelastingen. Het verschilt dan per scenario en variant of er een doelmatige maatregel is. Bij hoge geluidbelastingen zien we geen verschil tussen de verschillende scenario's en varianten. Dit betekent dat hier in alle gevallen, dus ook in de huidige situatie al (ruim) voldoende budget is om maatregelen te treffen.

Bij lage geluidbelastingen en bij kleinere clusters, is er soms een omslagpunt tussen het wel of niet kunnen treffen van maatregelen tussen verschillende scenario's. Dat kan een relatief groot effect hebben op de schatting van de toe- of afname van de kosten, met name als het omslagpunt in scenario 0 optreedt. In een werkelijke planstudie zullen de diverse uitgangspunten voor clusters (zoals clusterlengte, aantal rijstroken, vereiste geluidreductie) variëren, terwijl we in deze schematische DMC-analyse hebben gekozen voor één representatief cluster. Dit zal het genoemde effect van een omslagpunt in scenario 0 naar verwachting wat afvlakken. Daarom is het aan te bevelen om het uiteindelijke voorkeursscenario niet alleen met een schematische simulatie in beeld te brengen, maar om deze tevens te toetsen in een werkelijke situatie. Daarvoor kunnen bijvoorbeeld één of meer werkelijke recente planstudies worden gebruikt. Dit geldt overigens ook voor wegen.

## $L_{night}$

De ENG presenteert de bijgestelde dosis-effectrelaties en geeft een advieswaarde voor zowel  $L_{den}$  als  $L_{night}$ . In de voorgaande hoofdstukken is geanalyseerd of, en zo ja, hoe de DMC-curve kan worden bijgesteld om beter recht te doen aan de dosis-effectrelaties. Daarbij is een eventuele bijstelling van de standaardwaarde (en grenswaarde) in het huidige onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Speciaal aandachtspunt binnen het huidige onderzoek is de aanbevolen advieswaarde voor  $L_{night}$ , met name voor railverkeer. Dat heeft de volgende achtergrond:

- Voor railverkeer is de aanbevolen advieswaarde 44 dB  $L_{night}$ . Uit onderzoek [4] is gebleken dat het verschil ( $L_{den} - L_{night}$ ) gemiddeld circa 8 dB is. De advieswaarde van 44 dB  $L_{night}$  komt dus overeen met een  $L_{den}$  van  $44 + 8 = 52$  dB. Dit is minder dan de op dit moment voorziene standaardwaarde van 55 dB voor railverkeer. Dat betekent dat er situaties voorkomen waarin de advieswaarde voor  $L_{night}$  wordt overschreden, maar op dit moment wettelijk gezien geen actie hoeft te worden overwogen.
- Voor wegverkeer is de aanbevolen advieswaarde 45 dB  $L_{night}$ . Uit notitie [5] blijkt dat ook voor wegverkeer het verschil ( $L_{den} - L_{night}$ ) gemiddeld circa 8 dB is. De advieswaarde van 45 dB  $L_{night}$  komt dus gemiddeld overeen met een  $L_{den}$  van  $45 + 8 = 53$  dB. Deze waarde ligt dus gemiddeld, en in de praktijk in veruit de meeste gevallen, hoger dan de op dit moment voorziene standaardwaarde van 50 dB. Dat betekent dat in de situaties waarin de advieswaarde voor  $L_{night}$  wordt overschreden, deze wel reeds valt binnen het wettelijk kader voor afweging van maatregelen.

Om deze reden is met name voor railverkeer de aanbeveling voor  $L_{night}$  een aandachtspunt. In rapport [4] is reeds een aantal methodes beschreven waarmee de  $L_{night}$  betrokken kan worden in het wettelijk kader.

Dit hoofdstuk gaat in op de vraag in hoeverre de aanbeveling voor  $L_{night}$  betrokken kan worden (of al betrokken is in de onderzochte scenario's) in een eventuele aanpassing van de curve met reductiepunten.

Eén mogelijkheid om de  $L_{night}$  te betrekken in het DMC, is door het expliciet toekennen van reductiepunten op basis van  $L_{night}$ . In de huidige systematiek worden reductiepunten toegekend voor geluidbelasting boven de  $L_{den}$  standaardwaarde. Op vergelijkbare wijze zouden reductiepunten kunnen worden toegekend bij een  $L_{night}$  -geluidbelasting boven de  $L_{night}$  -advieswaarde. Vervolgens zou een keuze moeten worden gemaakt hoe de verdere afweging plaatsvindt. Dat kan bijvoorbeeld door twee aparte DMC-afwegingen te maken, één voor  $L_{den}$  en één voor  $L_{night}$ , en vervolgens de omvangrijkste maatregel van de twee afwegingen te kiezen. Of er kan worden gekozen om, per object het hoogste aantal reductiepunten te kiezen: de reductiepunten op basis van  $L_{den}$  of die op basis van  $L_{night}$ .

Deze methode kent echter een aantal (forse) nadelen:

- Voor railverkeer zal in vrijwel alle gevallen de  $L_{night}$  maatgevend zijn. Dat betekent dat  $L_{night}$  in één klap leidend wordt voor de gehele afweging en voor het maatregelpakket. Dat past niet goed in de huidige systematiek, die in zijn geheel gebaseerd is op  $L_{den}$ .
- De toevoeging van reductiepunten op basis van  $L_{night}$  zou de systematiek complexer maken. Onderzoeksrapportages worden omvangrijker dan nu en de DMC-analyse wordt (nog) moeilijker te doorgronden door lezers van akoestische rapporten.
- Het is moeilijk uitlegbaar dat voor railverkeer de DMC-afweging zwaar leunt op  $L_{night}$ , terwijl dit voor wegverkeer niet zo is.
- Indien de  $L_{night}$  een bepalende rol krijgt in de DMC-systematiek, zou logischerwijze ook de vraag in beeld komen of een geluidregister van geluidproductieplafonds op basis van  $L_{night}$  aan de orde is, naast het al bestaande geluidregister van geluidproductieplafonds op basis van  $L_{den}$ . In

rapport [4] is reeds geconcludeerd dat een apart geluidregister voor  $L_{night}$  niet wenselijk is vanwege de forse financiële en organisatorische gevolgen.

We concluderen daarmee dat het expliciet toekennen van reductiepunten op basis van  $L_{night}$  niet wenselijk is. Als volgende stap kijken we naar de mogelijkheden om de aanbeveling voor  $L_{night}$  impliciet te betrekken in de reductiepunten. In de onderzochte scenario's is dat deels reeds gedaan:

- In scenario 2 voor railverkeer wordt de curve verschoven naar een (virtuele) standaardwaarde van 52 dB. (Wel worden de reductiepunten pas toegekend boven de 55 dB, omdat in het huidige onderzoek de huidige standaardwaarde als uitgangspunt is vastgelegd.) Dit komt (gemiddeld) overeen met de ENG-advieswaarde van 44 dB  $L_{night}$ .
- Scenario 1 voor railverkeer gaat uit van een virtuele standaardwaarde van 50 dB, dus nog 2 dB lager dan in scenario 2. Gemiddeld ligt  $L_{night}$  dan dus 2 dB lager dan de advieswaarde van 44 dB.
- In scenario 2 voor wegverkeer is een extra sprong in de reductiepunten geïntroduceerd om er invulling aan te geven dat de aanbevelingen voor zowel  $L_{den}$  als  $L_{night}$  gemiddeld worden overschreden.

Voor de scenario's 1 en 3 voor railverkeer en voor scenario 1 voor wegverkeer geldt dat de  $L_{night}$  weliswaar niet expliciet betrokken is in de samenstelling van de curve, maar dat het beschermingsniveau wel stijgt als gevolg van de hogere reductiepunten bij met name lage geluidbelastingen. Dat betekent dat  $L_{night}$  (zijnde onderdeel van  $L_{den}$ ) automatisch ook beter wordt beschermd dan op dit moment het geval is.

We merken verder op dat het betrekken van  $L_{night}$  in het DMC niet per se de enige, of zelfs de meest logische, mogelijkheid is om invulling te geven aan de aanbevelingen uit de ENG met betrekking tot  $L_{night}$ . In rapport [4] zijn diverse andere opties geschetst waarmee  $L_{night}$  een plaats zou kunnen krijgen in de wettelijke afweging. Een mogelijkheid, die goed aansluit bij de filosofie van de Omgevingswet, is om voor te schrijven dat het bevoegd gezag bij de besluitvorming tevens een (kwalitatieve) afweging moet maken over de nachtelijke bescherming. De invulling van die afweging kan worden vrijgelaten of kan in meer of minder mate worden voorgeschreven in een wettelijk kader of beleidslijn. De vraag of een dergelijke afweging nodig is kan bijvoorbeeld afhangen van het lokale verschil ( $L_{den} - L_{night}$ ).

Ook kan gedacht worden aan het aanbrengen van extra gevelisolatie, bij voorkeur gericht op de slaapvertrekken, als extra bescherming van  $L_{night}$ . Deze extra gevelisolatie kan worden voorgeschreven in een wettelijk kader, bijvoorbeeld door het verlagen van de binnenwaarde. Of de extra gevelisolatie kan invulling geven aan de afweging van het bevoegd gezag, zoals beschreven in de voorgaande alinea.

## 9 Discussie, conclusie en resultaten

Dit onderzoek richt zich op de vraag op welke wijze het DMC aangepast kan worden zodat de dosis-effectrelaties uit de ENG hierin verwerkt worden, zodanig dat het totale investeringsbudget voor gpp-besluiten, nalevingsmaatregelen en projecten vrijwel gelijk blijft. Uitgangspunt hierbij is dat het huidige normenstelsel wordt gehandhaafd, dus een standaardwaarde van 50 dB voor wegverkeer en 55 dB voor railverkeer. Hierbij is er speciaal aandacht gegeven aan de WHO-aanbeveling over  $L_{night}$  voor railverkeer.

De relatie tussen het DMC en dosis-effectrelaties zit verwerkt in het budget dat beschikbaar is om maatregelen te treffen, de reductiepunten. De huidige curve voor toekenning van reductiepunten is mede gebaseerd op de Miedema-curves. Daarnaast heeft een aantal beleidsstandpunten een rol gespeeld bij de totstandkoming van de vorm van de reductiepuntencurve: een voorbeeld hiervan is de sprong in toekenning van reductiepunten boven de grenswaarde.

Uit de nieuwe dosis-effectrelaties blijkt dat de hinder ten gevolge van weg- en railverkeer gelijkwaardig is en dat de zogenaamde 'railbonus' verdwenen is. Ten opzichte van de Miedema-curves is de dosis-effectrelatie voor wegverkeer weinig veranderd. De hinder ten gevolge van railverkeer is echter flink toegenomen. Eén van de uitgangspunten voor dit onderzoek is dan ook geweest dat de hindercurves voor weg- en railverkeer gelijkwaardig zijn. Op basis hiervan is een aantal scenario's voor de reductiepuntencurves opgesteld, waarbij bestaand beleid zoveel mogelijk gehandhaafd is.

Een verhoging van het budget aan reductiepunten zal in vrijwel alle gevallen leiden tot een toename van de kosten. Voor railverkeer nemen de kosten voor de onderzochte scenario's met maximaal zo'n 60% toe ten opzichte van de huidige situatie. Voor wegverkeer zijn de verschillen ten opzichte van de huidige situatie veel minder groot. De kosten liggen daar van 20% lager tot 20% hoger dan in de huidige situatie.

Voor de meest kansrijke scenario's is bepaald in hoeverre de berekende kostentoename gevoelig is voor de gekozen uitgangspunten. Eén uitgangspunt waar de conclusies sterk van afhangen is de vraag of er al een bronmaatregel aanwezig is. Ook het aantal objecten in het cluster en de verdeling van de objecten over de eerste en tweede lijn is significant van invloed op de conclusies.

Deze gevoeligheden vinden we met name terug bij de lage geluidbelastingen. Bij hoge geluidbelastingen is er weinig verschil tussen de scenario's, omdat er dan over het algemeen toch al wel voldoende budget is om maatregelen te treffen. Bij lage geluidbelastingen en bij kleinere clusters, is er soms een omslagpunt tussen het wel of niet kunnen treffen van maatregelen tussen verschillende scenario's. Dat kan een relatief groot effect hebben op de schatting van de toe- of afname van de kosten, met name als het omslagpunt in scenario 0 optreedt. In een werkelijke planstudie zullen de diverse uitgangspunten voor clusters (zoals clusterlengte, aantal rijstroken, vereiste geluidreductie) variëren, waardoor dit effect naar verwachting minder uitgesproken zal zijn. Daarom is het aan te bevelen om de uiteindelijke voorkeursvariant ook te toetsen op basis van meerdere werkelijke situaties.

Een deel van het onderzoek is om te kijken wat de scenario's betekenen voor de totale kosten voor weg- en railverkeer gezien vanuit de wens om de totale aanpassing budgetneutraal uit te voeren. Scenario 3 blijkt meer dan budgetneutraal te zijn en zorgt voor een verlaging van de totale kosten. De overige scenario's leiden wel tot een toename van de totale kosten. Daarom is hiervoor een apart budgetneutraal scenario ontworpen. Hierbij zijn de reductiepunten geschaald met een constante factor. De keuze voor deze factor is gebaseerd op een schatting van de daadwerkelijke kosten voor geluidmaatregelen uit het END-actieplan 2018-2023 voor weg- en railverkeer. De

verdeling van kosten voor geluidmaatregelen voor weg- en railverkeer is scheef. Hiermee bedoelen we dat de inschatting voor wegverkeer vele malen hoger is dan voor railverkeer, namelijk ongeveer een factor 6 tot 7. Een schaalfactor van ongeveer 83% blijkt voldoende te zijn om de kostentoeename in zijn geheel ongedaan te maken. De kostenreductie is sterk afhankelijk van de schaling.

Op dit moment is alleen een indicatieve schatting van de daadwerkelijke kosten voor geluidmaatregelen voorhanden, met name voor railverkeer. Indien een exactere schatting beschikbaar zou komen, kan blijken dat de verhouding tussen de kosten van weg en rail anders ligt. Dat kan voor de gepresenteerde analyse leiden tot een andere benodigde schaalfactor om het geheel budgetneutraal te houden. Uit de analyse is gebleken dat een kleine verandering in de schaalfactor een (relatief) groot effect op de kosten kan hebben; deze verhouding is niet lineair.

Bij het schalen is ervoor gekozen om de curves voor weg en rail aan elkaar gelijk te houden om zoveel mogelijk te blijven aansluiten bij het uitgangspunt dat de hinder vanwege weg en rail gelijkwaardig is. De standaardwaarden, de grenswaarden en de grenswaardesprong zijn ongewijzigd. Wel neemt de helling van de reductiepuntencurve af, terwijl dat in de dosis-effectrelaties uit de ENG ten opzichte van de Miedema-curves niet het geval is.

Het gebruiken van dezelfde schaalfactor voor weg- en railverkeer betekent in de praktijk dat er budget voor geluidmaatregelen van wegverkeer naar railverkeer zal verschuiven. Dit is het gevolg van het uitgangspunt in dit onderzoek dat verwerking van de nieuwe WHO dosis-effectrelaties op een vrijwel budgetneutrale manier voor het totale budget voor geluidmaatregelen van weg- en railverkeer plaatsvindt. Een eventuele verschuiving betreft een politieke keuze.

Het budgetneutraal maken kan ook op andere manieren dan aanpassing van het beschikbare budget, namelijk door de werking van het DMC aan te passen. Hierbij valt te denken aan aanpassing van de DMC-regels, het aanpassen van de '5 dB-eis' of door een minimale eis te stellen aan het effect van bronmaatregelen.

In het huidige onderzoek is uitgegaan van het huidige normenkader. Het verschuiven van de standaardwaarde is hierbij dus buiten beschouwing gelaten. Een eventuele verlaging van de standaardwaarde voor railverkeer zal een ander beeld geven omdat dan meer objecten betrokken worden bij de akoestische onderzoeken en dus budget zullen genereren. Dit zal invloed hebben op de kostentoeename voor railverkeer en dus ook voor het budgetneutraal scenario.

Met betrekking tot  $L_{night}$  voor railverkeer concluderen we dat het expliciet toekennen van reductiepunten op basis van  $L_{night}$  niet wenselijk is. Wel is in een aantal scenario's de aanbeveling voor  $L_{night}$  impliciet betrokken in de reductiepunten. Daarnaast zal in de scenario's waarin meer reductiepunten worden toegekend dan nu, het beschermingsniveau voor  $L_{night}$  toenemen. Dat betekent dat  $L_{night}$  (als onderdeel van  $L_{den}$ ) automatisch ook beter wordt beschermd dan op dit moment het geval is.

We merken verder op dat het betrekken van  $L_{night}$  in het DMC niet de enige mogelijkheid is om invulling te geven aan de aanbevelingen uit de ENG met betrekking tot  $L_{night}$ . Een andere mogelijkheid is om het bevoegd gezag bij besluitvorming te laten beoordelen of de nachtelijke bescherming tegen railverkeersgeluid aanvaardbaar is. Ook kan gedacht worden aan het aanbrengen van extra gevelisolatie tegen slaapverstoring door railverkeersgeluid.

## 10 Literatuur

- [1] 'Environmental noise guidelines for the European Region', World Health Organization, ISBN 978 92 890 5356 3, 2018;
- [2] 'Besluit geluid milieubeheer', Stb 2018, 31, 25 januari 2018;
- [3] 'Impactanalyse geluid spoor', M+P.MIW.18.01.1 revisie 2, 31 augustus 2018;
- [4] 'Studie naar mogelijkheden voor implementatie  $L_{night}$  in wettelijk kader', M+P.MIW.18.02.1 revisie 2, 21 februari 2019;
- [5] Renez Nota, " $L_{night}$  als dosismaat voor verkeerslawaaï", memo Rijkswaterstaat WVL, 19 juni 2018.