



M+P | Onderdeel van
Müller-BBM groep
Mensen met oplossingen



Rapport

Opties doelmatigheidscriterium railverkeer bij een standaardwaarde van 52 dB

Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

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

Opdrachtnummer -

Titel Opties doelmatigheidscriterium railverkeer bij een standaardwaarde van 52 dB

Rapportnummer M+P.MIW.20.04.1 (concept)

Revisie 3

Datum 2 november 2020

Aantal pagina's 49

Auteurs dr. ir. Judith Doorschot
ir. Bert Peeters
ir. Wout Schwanen
ing. Hoi-Suen Batenburg

Contactpersoon dr. ir. Judith Doorschot | 073-6589050 | vught@mp.nl

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

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid 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

Eind 2018 heeft de WHO nieuwe richtlijnen en advieswaarden gepubliceerd voor omgevingslawaai. De Tweede Kamer heeft gevraagd om onderzoek uit te voeren hoe dit WHO-advies zich verhoudt tot de (inter)nationale regelgeving en hoe het gebruikt kan worden om de nationale regelgeving te versterken. Uit eerdere onderzoeken in 2018 en 2019 is de kansrijke optie naar voren gekomen om de standaardwaarde voor railverkeersgeluid in de Nederlandse regelgeving te verlagen van 55 naar 52 dB L_{den} . Daarmee zou ruim worden voldaan aan de advieswaarde van de WHO voor L_{den} en wordt tegelijkertijd gemiddeld voldaan aan de advieswaarde voor L_{night} .

Het verlagen van de standaardwaarde zal er toe leiden dat er méér woningen en andere geluidgevoelige objecten worden betrokken bij het akoestisch onderzoek voor projecten en naleving van geluidproductieplafonds. Dat heeft invloed op de hoeveelheid doelmatige geluidmaatregelen die worden getroffen, de kosten die gemaakt worden en op het beschermingsniveau. De mate waarin dat het geval zal zijn is afhankelijk van de hoeveelheid budget (reductiepunten) die wordt toegekend aan elk object, afhankelijk van de geluidbelasting. Er zijn drie scenario's geschetst voor deze 'reductiepuntencurve':

- **Scenario 1:** een klein extra budget voor de nieuw betrokken woningen tussen 52 en 55 dB;
- **Scenario 2:** een reductiepuntencurve die grotendeels gelijk oploopt met die voor wegverkeer. Dat hangt samen met de bevinding van de WHO dat de hinderlijkheid van rail- en wegverkeersgeluid veel minder van elkaar verschillen dan tot nu toe werd aangenomen. Dit is het meest ruimhartige scenario;
- **Scenario 3:** een curve die het midden houdt tussen 1 en 2, gebaseerd op een verschuiving van reductiepunten naar een 3 dB lagere geluidbelasting, overeenkomstig het verschil tussen de huidige standaardwaarde van 55 dB en een verlaagde standaardwaarde van 52 dB..

In alle drie scenario's blijft de grenswaarde voor railverkeer ongewijzigd, op 70 dB, en blijft dus ook de sprong in reductiepunten bij die waarde plaatsvinden.

Onderzocht is wat de meerkosten en baten zijn ten opzichte van scenario 0, zijnde de huidige standaardwaarde van 55 dB en toedeling van reductiepunten conform het huidige Besluit geluid milieubeheer. Hiervoor is een GIS-analyse uitgevoerd op een aantal concrete locaties, om te berekenen over hoeveel extra objecten het gaat en wat de invloed van deze extra objecten is op de vorming van clusters, de groepen objecten waarvoor gezamenlijk een maatregelpakket wordt afgewogen. Om dan de verschillende scenario's qua maatregelkosten te vergelijken kiezen we voor een gestandaardiseerde situatie met typische clusters van verschillende grootte. Op basis van de verhouding waarin deze clusters voorkomen, hun lengte en het typisch aantal maatregelpunten dat er gemiddeld per cluster besteed wordt, is het totale effect op de kosten bepaald.

Omdat de verdeling van objecten over clusters niet exact bekend is, zijn verschillende varianten doorgerekend en is een voorkeursvariant gekozen, de verdeling die we op basis van de beschikbare data het meest waarschijnlijk achten. Op basis van deze variant concluderen we:

- Een lagere standaardwaarde leidt op zich niet tot méér kosten voor doelmatige maatregelen. Dat is pas het geval als er ook significant méér reductiepunten worden toegekend. Voor scenario 2 en 3 is dat het geval, voor scenario 1 niet.
- Scenario 2, met de meest ruimhartige toedeling van reductiepunten, leidt tot een toename van kosten voor doelmatige maatregelen, maximaal ongeveer een verdubbeling.
- De maatregelkosten voor scenario 3 bevinden zich ongeveer halverwege scenario 1 en scenario 2; de toename van kosten is maximaal ongeveer een factor 1,5.

Alle drie de scenario's leiden tot extra baten doordat de doelmatige maatregelen zorgen voor een verlaging van de geluidbelasting op de woningen. Dat geldt voornamelijk voor de woningen tussen 53 dB en 55 dB, die tot op heden niet beschermd zijn. Een nuancering daarbij is dat deze woningen

ook in de huidige situatie deels wel al impliciet kunnen meeprofiteren van maatregelen die al voor hoger belaste woningen worden getroffen.

De verschillen in kosten tussen de scenario's zijn groter dan de verschillen in de baten. Dat komt door een combinatie van factoren. De verschillen in de kosten worden vooral veroorzaakt door de kleinere clusters. Het toegekende budget is daar bepalend voor de vraag of, en zo ja welke, maatregel getroffen wordt. Voor de grotere clusters is er minder verschil tussen de scenario's, omdat er daar, in tegenstelling tot de kleine clusters, in alle scenario's voldoende budget is voor maatregelen. De kosten per woning liggen voor de kleine clusters hoger dan voor grote clusters, doordat de kosten in een klein cluster over minder woningen worden verdeeld. De baten van kleinere clusters vormen daarentegen slechts een klein deel van de totale baten, wederom vanwege het lage aantal woningen. Bij onderlinge vergelijking tussen de scenario's zien we daardoor dat in de meer genereuze scenario's de kosten meer toenemen dan de baten.

Het verlagen van de standaardwaarde van 55 dB naar 52 dB zorgt voor ongeveer een verdubbeling van het totale aantal objecten dat wordt meegenomen in het akoestisch onderzoek. Er is een groot effect van de verlaging van de standaardwaarde op de clustervorming, dat wil zeggen de manier waarop woningen gegroepeerd worden bij de afweging van de doelmatigheid van maatregelen. De clusters krijgen vanwege een lagere standaardwaarde andere karakteristieken; clusters worden in het algemeen groter. In het geheel gezien wordt de geluidbelasting bij alle clustergroottes gemiddeld lager (door de extra objecten) en de clusterlengte groter (doordat de toegevoegde woningen verder van het spoor liggen). Die combinatie zorgt voor een demping van de toename van de kosten. Het beschikbare budget aan reductiepunten neemt méér toe dan de kosten voor geluidmaatregelen, dus niet al het extra budget wordt ook daadwerkelijk gespendeerd.

Voor scenario 1 is het aantal extra reductiepunten ten opzichte van het huidige DMC beperkt. Het feit dat maatregelen wel duurder worden, omdat de maatregellengte groter wordt, zorgt ervoor dat maatregelen minder snel doelmatig zijn. Scenario 1 levert daardoor in deze simulaties gelijkwaardige of zelfs iets lagere kosten op dan in de huidige situatie, ondanks de lagere standaardwaarde. Dat betekent dat er in scenario 1 in bepaalde situaties geen doelmatige maatregelen berekend worden, terwijl die er in scenario 0 wel zijn; een resultaat dat schuurt met het gegeven dat de WHO juist een aanscherping van de advieswaarde adviseert. Daarbij merken we op dat de simulaties een gestandaardiseerde situatie betreffen, terwijl er in de praktijk ook sprake kan zijn van 'maatwerk'. Voor scenario 1 vallen in de simulaties regelmatig maatregelen af als de kosten te hoog worden door de toegenomen maatregellengte. Echter in de praktijk speelt maatwerk een rol: er zal dan wel gekeken worden hoe effectief de kortere maatregel dan kan zijn en deze zal in veel gevallen alsnog getroffen worden. Daarmee zouden de kosten dan gelijkwaardig blijven aan scenario 0.

Voor scenario's 2 en 3 is het aantal reductiepunten dat wordt toegekend hoger dan in scenario 1. Scenario 2 is daarbij ruimhartiger dan scenario 3. De simulaties van deze scenario's leiden wél tot meer maatregelen dan in de huidige regelgeving. Ook de baten, uitgedrukt in geluidreductie * aantal woningen, nemen in deze scenario's voor alle geluidbelastingklassen en clustergroottes toe. In scenario 1 resulteren de simulaties in een toename van de baten bij de grote clusters van meer dan 100 objecten, maar een afname van de baten voor de kleinere clusters. De analyse van de baten laat verder zien dat er een forse geluidreductie is voor de woningen van 53 tot 55 dB, die op dit moment formeel nog onbeschermd zijn. Een deel van deze woningen profiteert nu wel impliciet mee van maatregelen die voor de hoger belaste woningen al worden getroffen. Woonwijken die net onder de voorkeursgrenswaarde voor nieuwbouw zijn gebouwd, worden op dit moment echter nog buiten beschouwing gelaten en zullen wel profijt hebben van een lagere standaardwaarde.

Een vergelijking met het vorige onderzoek uit 2019 leert dat deze toename beperkt komt door het verlagen van de standaardwaarde en met name door de verhoging van reductiepunten. Scenario 2

levert ten opzichte van scenario 3 extra maatregelkosten op met name bij de laagste geluidbelastingen tot 56 dB en dan vooral bij de kleinere clusters (< 20 woningen).

Het onderzoek kent een aantal onzekerheden, wat leidt tot een zekere bandbreedte rondom de resultaten. De rangschikking van de scenario's onderling is hierbij consistent, maar de omvang van de verschillen is tamelijk sterk afhankelijk van de verdeling van cluster groottes. De exacte clusterverdeling bij een standaardwaarde 52 dB is onbekend, daarom is een aantal verschillende varianten aangenomen, met een extra bandbreedte tot gevolg. Scenario 2 is dan 30% tot 110% duurder dan Scenario 0 en scenario 3 is 5% tot 55% duurder.

Ook voor de andere aannames in het model is een bandbreedteanalyse uitgevoerd. De gekozen waarden hiervoor lijken een goed beeld te geven van het gemiddelde. De clusterverdeling blijkt de grootste onzekere factor; meer dan andere aannames.

Een eventueel vervolgonderzoek zou zich dan ook moeten richten op het verkleinen van die onzekerheid. Wat in dit onderzoek ook niet is meegenomen, is de mate waarin bij de maatregelafweging in projecten maatwerk plaatsvindt.

Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Onderzoeksvragen	7
1.3	Aanpak	8
1.4	Leeswijzer	9
2	Begrippen	10
2.1	L_{den} en L_{night}	10
2.2	Normstelling voor verkeersgeluid	10
2.3	Doelmatigheids criterium	11
3	Aanpassing van de reductiepuntencurve railverkeer	14
4	GIS-analyse	17
4.1	Modellen en tooling	17
4.2	Effect verlaging standaardwaarde railverkeer	17
4.2.1	Aantallen geluidgevoelige objecten	17
4.2.2	Invloed op clustering	18
4.3	Resultaten GIS-analyse	18
5	Aanpak en uitgangspunten	21
5.1	Aanpak van de DMC-simulaties	21
5.2	Uitgangspunten voor de simulaties	21
5.2.1	Aantal objecten per cluster	21
5.2.2	Verdeling geluidbelastingen binnen elk cluster	22
5.2.3	Clusterlengte en verhoudingen	24
5.3	Clusterverdeling	25
6	Resultaten: kosten en baten	30
6.1	Reductiepunten	30
6.2	Kosten geluidmaatregelen	30
6.3	Herkomst van de kosten	32
6.4	Bandbreedte analyse voor één clustergrootte	34
6.5	Maatregelen	39
6.6	Baten	41
6.7	Vergelijking met voorgaande onderzoek	45
7	Conclusies	46
8	Referenties	49

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Op 10 oktober 2018 is het WHO-rapport 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' (hierna aangeduid als 'ENG') gepubliceerd. Dit rapport geeft aanbevelingen voor de bescherming van de menselijke gezondheid tegen het geluid van (onder andere) spoorwegen.

Het 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';
- De WHO adviseert om maatregelen te treffen wanneer deze waarden worden overschreden. Voor railverkeer is geen voorkeur gegeven voor een bepaald type maatregel (bronmaatregelen, overdrachtsmaatregelen of ontvangermaatregelen).

Ook in de Tweede Kamer is aandacht voor deze publicatie gevraagd. Eind 2018 heeft kamerlid Schonis een motie ingediend om onderzoek uit te laten voeren hoe het WHO-advies zich verhoudt tot de (inter)nationale regelgeving en hoe het advies gebruikt kan worden om de nationale regelgeving te versterken. Ter invulling van die motie is onlangs door RIVM een rapport gepubliceerd dat in juni door de staatssecretaris aan de Tweede Kamer is aangeboden.

In eerdere studies is al onderzocht hoe de aanbevelingen van de WHO verwerkt kunnen worden in de Nederlandse geluidregelgeving en in het doelmatigheids criterium (DMC):

- Een impactanalyse waarin onder andere de effecten zijn onderzocht van een mogelijke verlaging van de standaardwaarde;
- een onderzoek naar verschillende mogelijkheden om de nachtelijke geluidbelasting te betrekken in het Nederlands wettelijk kader;
- een onderzoek naar opties om het doelmatigheids criterium zodanig aan te passen dat het beter aansluit bij de dosis-effectrelaties uit het WHO-advies.

Eén van de kansrijke opties die naar aanleiding van deze onderzoeken naar voren kwam, is het verlagen van de standaardwaarde voor rail van 55 dB naar 52 dB. Daarmee wordt invulling gegeven aan een aantal adviezen van de WHO:

- De standaardwaarde van 52 dB L_{den} is lager dan de advieswaarde van 54 dB die de WHO geeft én
- met deze standaardwaarde voor L_{den} wordt óók gemiddeld voldaan aan de WHO-aanbeveling voor een advieswaarde van 44 dB voor L_{night} . Uit eerdere onderzoeken is namelijk gebleken dat het gemiddelde verschil tussen L_{night} en L_{den} zo'n 8 dB is.

Omdat de Nederlandse normstelling voor verkeerslawaai volledig berust op L_{den} , is het voor de werkbaarheid van het systeem namelijk wenselijk om geen aparte norm voor L_{night} te introduceren. In de hierboven beschreven aanpak, wordt de aanbeveling voor L_{night} impliciet afgedekt via de standaardwaarde voor L_{den} .

1.2 Onderzoeksvragen

Het verlagen van de standaardwaarde van 55 naar 52 dB zal er toe leiden dat er méér geluidgevoelige objecten (woningen en anderszins) worden betrokken bij het akoestisch onderzoek voor projecten en naleving van geluidproductieplafonds. Er zijn dus méér objecten waarvoor maatregelen moeten worden overwogen, wat er naar verwachting ook toe zal leiden dat méér

doelmatige maatregelen getroffen zullen worden. De kosten voor maatregelen zullen toenemen, evenals de baten in termen van geluidreductie. De mate waarin dat het geval zal zijn is afhankelijk van de hoeveelheid budget (in reductiepunten) dat wordt toegekend aan elk object, afhankelijk van de geluidbelasting. Er zijn drie scenario's geschetst voor deze 'reductiepuntencurve', variërend van een klein extra budget enkel voor de nieuw betrokken woningen tussen 52 en 55 dB, tot een significant hoger budget voor zowel hoge als lage geluidbelastingen. De motivatie om ook voor hogere geluidbelastingen het effect van een hoger budget te onderzoeken, hangt samen met de bevinding van de WHO dat het verschil in hinderlijkheid tussen het geluid van railverkeer en wegverkeer over de hele linie veel kleiner is dan tot nu toe is aangenomen in het geluidbeleid.

Het doel van het onderzoek is dus om in kaart te brengen in hoeverre de genoemde drie varianten gaan leiden tot een toename in de kosten en de baten van geluidmaatregelen ten opzichte van de huidige regelgeving. Daarbij is het steeds van belang om de nauwkeurigheid van de resultaten aan te geven door middel van een bandbreedte.

In dit onderzoek proberen we de volgende onderzoeksvragen te beantwoorden:

- Hoeveel objecten komen er bij in het akoestisch onderzoek bij verlaging van de standaardwaarde voor railverkeer van 55 naar 52 dB?
- Hoeveel nieuwe maatregelclusters ontstaan er als gevolg van deze toename? En wat gebeurt er met de 'bestaande' clusters (bij 55 dB): worden deze groter, worden deze samengevoegd, worden het er meer of minder?
- Wat is de invloed van deze clustervorming op de uiteindelijke doelmatigheidsafweging?
- Tot hoeveel méér maatregelkosten leidt elk van de scenario's voor reductiepuntencurven, ten opzichte van de huidige situatie (standaardwaarde 55 dB en huidige reductiepuntencurve railverkeer)?
- Wat gebeurt er met het beschermingsniveau als gevolg van de voorgestelde wijzigingen? Wat zijn de verwachte baten, in termen van het terugbrengen van de geluidbelasting?

1.3

Aanpak

Als eerste stap voeren we een aantal GIS-analyses uit. Hiermee berekenen we hoeveel extra objecten in een akoestisch onderzoek betrokken zullen worden door de standaardwaarde te verlagen. Deze extra woningen hebben gevolgen voor bijvoorbeeld het aantal clusters, het aantal objecten in het cluster, de lengte van het cluster. Deze parameters gebruiken we als input bij het vergelijken van de reductiepuntencurve. Het is daarom van belang om te weten hoe deze parameters veranderen wanneer de standaardwaarde verlaagd wordt naar 52 dB.

Om de verschillende reductiepuntencurven te vergelijken kiezen we voor een gestandaardiseerde situatie met typische clusters van verschillende clustergrootte (één object, twee tot vijf objecten, zes tot tien objecten, enz.). Op basis van de verhouding waarin clusters van een bepaalde grootte voorkomen, wat voor lengte ze hebben en hoeveel maatregelpunten (gestandaardiseerde kosteneenheid) er gemiddeld per cluster besteed worden, is te berekenen welke kosten er typisch gemaakt worden voor een bepaalde variant. De resultaten van de GIS-analyses gebruiken we als input voor dit deelonderzoek. Door de verschillende scenario's van de reductiepuntencurve te gebruiken krijgen we dus inzicht in de onderlinge verschillen tussen kosten en krijgen we inzicht in de meerkosten ten opzichte van de huidige situatie.

Hierbij besteden we ook aandacht aan de nauwkeurigheid van het eindresultaat. We voeren een nauwkeurighedsanalyse uit door de uitgangspunten van de gestandaardiseerde clusters te variëren, zoals de lengte van het cluster, het aantal woningen in het cluster en de benodigde geluidreductie.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van het eerder beschreven onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt een aantal algemene basisbegrippen uitgelegd, waaronder de werking van het doelmatigheids criterium. Hoofdstuk 3 beschrijft welke scenario's voor wijzigingen in de reductiepuntencurve voor railverkeer onderzocht worden. Hoofdstuk 4 legt uit welke GIS-analyses we uitgevoerd hebben om uit te leggen wat de gevolgen zijn van het verlagen van de standaardwaarde voor het aantal objecten dat in een akoestisch onderzoek betrokken wordt en voor de vorming van de clusters. In hoofdstuk 5 wordt de aanpak van de DMC-simulaties en welke uitgangspunten we gehanteerd hebben voor de simulaties uitgelegd. Hoofdstuk 6 toont de resultaten van de uitgevoerde simulaties. Tenslotte worden in hoofdstuk 7 de belangrijkste conclusies samengevat.

2 Begrippen

2.1 L_{den} en L_{night}

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

De dosismaat L_{den} [dB] wordt bepaald door het energetisch gemiddelde over een geheel jaar 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 als 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 op woningniveau. 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 bij nieuwe aanleg van rijksinfrastructuur niet mag worden overschreden. Bij wijziging van bestaande rijksinfrastructuur mogen geluidbelastingen boven deze waarde niet verder toenemen, enkele uitzonderingen onder strikte voorwaarden daargelaten. Bovendien gelden voor deze wegen en spoorwegen zogenaamde geluidproductieplafonds (gpp's) 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.

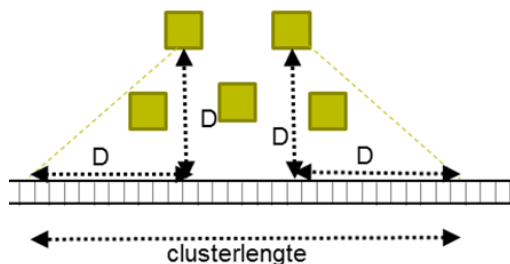
De normen voor woningbouw langs wegen en spoorwegen (zowel rijksinfrastructuur als andere wegen en spoorwegen) zijn momenteel eveneens vastgelegd in de Wet geluidhinder. Daar is een vergelijkbare normenset van toepassing. De ondergrens wordt gevormd door de voorkeursgrenswaarde. De bovengrens wordt aangeduid 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 (MJPG) 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 moet zijn ingediend vóór eind 2020; een wetswijziging om deze deadline te verschuiven naar eind 2023 is inmiddels aangenomen door de Tweede Kamer. 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.

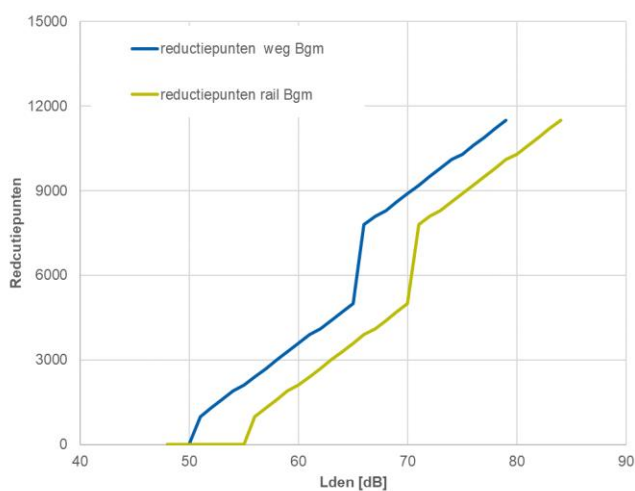
2.3 Doelmatigheidscriterium

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 reductiepunten 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 zogenoemde 1D-benadering, waarbij D staat voor de afstand van de objecten tot het spoor. Dit is geïllustreerd in figuur 1. Maatregelen worden in principe getroffen over de gehele clusterlengte.



figuur 1 Schematische weergave van een cluster van geluidgevoelige objecten en bepaling van de clusterlengte voor railverkeer

Vanaf een bepaalde drempelwaarde van de geluidbelasting¹ worden er reductiepunten toegekend. Deze drempelwaarde is gelijk aan de standaardwaarde en is 50 dB voor wegverkeer en 55 dB voor railverkeer. Het aantal toegekende reductiepunten loopt op met een toenemende geluidbelasting, zoals weergegeven in figuur 2. Boven de maximale waarde (65 dB voor wegen en 70 dB voor spoor) kent het verloop een sprong en stijgt daarna weer met dezelfde helling door. 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. Er is sprake van een knelpunt als (vereenvoudigd gezegd) de geluidbelasting hoger is dan in de situatie met volledig benut plafond, de toetswaarde. Per cluster worden de reductiepunten van de geluidgevoelige objecten opgeteld om het totale budget voor het cluster te bepalen.



figuur 2 Reductiepuntencurve uit het Besluit geluid milieubeheer (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.

¹ 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.

Daarbij is aangegeven hoeveel maatregelpunten (oftewel kosten) per type maatregel in de afweging in rekening worden gebracht.² 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 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 toch meetellen voor deze eis.

Tot slot wordt de maatregel die, met inachtneming van de bovenstaande bepalingen, de grootste geluidreductie oplevert, gekozen als doelmatige maatregel.

² 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'.

3 **Aanpassing van de reductiepuntencurve railverkeer**

Dit hoofdstuk beschrijft welke scenario's voor de reductiepuntencurve gebruikt zijn in de analyse. Van elk scenario wordt kort beschreven wat de achtergrond is van de curve. Vier scenario's zijn vergeleken. Uitgangspunt is dat in de nieuwe scenario's de standaardwaarde voor railverkeer verlaagd wordt naar 52 dB en dat er verder alleen gevarieerd wordt met het budget in reductiepunten. De grenswaarde van 70 dB voor railverkeer wijzigt niet. Drie nieuwe scenario's worden in dit onderzoek vergeleken met de referentie, scenario 0. Het gaat om de volgende scenario's.

Scenario 0: De huidige curve uit het Bgm

Dit is het referentiescenario voor de analyse, waarbij de standaardwaarde dus gelijk is aan 55 dB en er reductiepunten worden toegekend vanaf 56 dB.

Scenario 1: extrapolatie van de huidige curve van 56 naar 53 dB

In dit scenario wordt het aantal reductiepunten vanaf 56 dB naar beneden geëxtrapoleerd met stappen van 300 punten per dB. Dit betekent dat er bij 53, 54 en 55 dB reductiepunten worden toegekend (100, 400, resp. 700) en vanaf 56 dB de curve ongewijzigd blijft.

Scenario 2: toekenning reductiepunten zoals bij wegverkeer

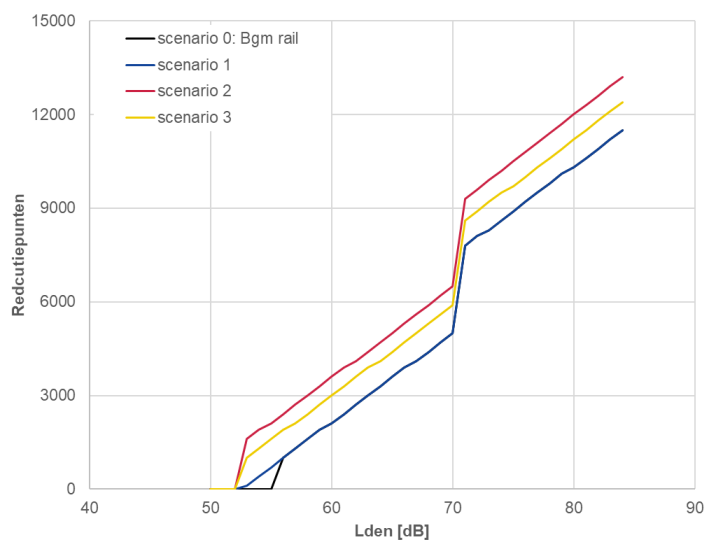
In dit scenario worden reductiepunten over de gehele lijn voor de beoogde standaardwaarde toegekend volgens de curve voor wegverkeer met twee uitzonderingen. Er worden reductiepunten toegekend vanaf 53 dB in plaats van 51 dB. Het aantal reductiepunten bij 53 dB bedraagt dan 1600. De sprong in de reductiepunten ligt bij de grenswaarde van 70 dB en niet bij 65 dB zoals bij wegverkeer. Daarom zal de nieuwe reductiepuntencurve tussen 66 en 71 dB toch lager liggen dan de reductiepuntencurve voor wegverkeer.

Scenario 3: Bgm-curve verschuiven van 55 naar 52 dB

In dit scenario wordt de huidige reductiepuntencurve in zijn geheel verschoven van de huidige naar de beoogde standaardwaarde, waarbij de sprong wel blijft plaatsvinden bij de grenswaarde van 70 dB.

Dit scenario komt overeen met scenario 3 uit referentie [5] en is te beschouwen als een compromis tussen de scenario's 1 en 2. Hierbij lopen de reductiepunten voor railverkeer op vanaf 1000 reductiepunten vanaf 53 dB. Er is echter een verschil met het eerdere rapport. Daar werd uitgegaan van een standaardwaarde van 55 dB zodat pas reductiepunten toegekend werden vanaf 56 dB. In de huidige studie zullen wel reductiepunten worden toegekend vanaf 53 dB.

De reductiepunten voor elk scenario zijn weergegeven in figuur 3. De waarden staan in tabel I.



figuur 3 *Reductiepuntencurve railverkeer voor de verschillende scenario's*

tabel I

Reductiepunten railverkeer als functie van de geluidbelasting per scenario

Geluidbelasting L_{den} [dB]	Aantal toegekende reductiepunten			
	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
53	0	100	1600	1000
54	0	400	1900	1300
55	0	700	2100	1600
56	1000	1000	2400	1900
57	1300	1300	2700	2100
58	1600	1600	3000	2400
59	1900	1900	3300	2700
60	2100	2100	3600	3000
61	2400	2400	3900	3300
62	2700	2700	4100	3600
63	3000	3000	4400	3900
64	3300	3300	4700	4100
65	3600	3600	5000	4400
66	3900	3900	5300	4700
67	4100	4100	5600	5000
68	4400	4400	5900	5300
69	4700	4700	6200	5600
70	5000	5000	6500	5900
71	7800	7800	9300	8600
72	8100	8100	9600	8900
73	8300	8300	9900	9200
74	8600	8600	10200	9500
75	8900	8900	10500	9700
76	9200	9200	10800	10000
77	9500	9500	11100	10300
78	9800	9800	11400	10600
79	10100	10100	11700	10900
80	10300	10300	12000	11200
81	10600	10600	12300	11500
82	10900	10900	12600	11800
83	11200	11200	12900	12100
84	11500	11500	13200	12400

4 GIS-analyse

4.1 Modellen en tooling

Om de invloed van het verlagen van de standaardwaarde op de clustervorming te onderzoeken kiezen we ervoor om een aantal representatieve, werkelijke situaties te bestuderen. Daarvoor zijn enerzijds modelgegevens nodig uit akoestische onderzoeken en anderzijds een software-implementatie van het DMC om het effect van een andere standaardwaarde te kunnen bepalen. Modelgegevens van recente railverkeersprojecten zijn maar zeer beperkt voorhanden en een software-implementatie van het DMC geschikt voor railverkeer hebben we niet ter beschikking. Voor wegverkeer zijn daarentegen zowel modelgegevens als de benodigde software wel beschikbaar. De bebouwing rondom weg- en railverkeersbronnen verschilt weliswaar van karakteristiek, in die zin dat railverkeer vaker dan wegverkeer binnenstedelijke kernen doorkruist. Echter, juist in binnenstedelijke omgevingen verwachten we relatief weinig effect van de aanpassingen die we onderzoeken. Daar is in de praktijk immers door de hoge woningdichtheid al voldoende DMC-budget aanwezig om de maximaal benodigde (of maximaal mogelijke) maatregel te bouwen. We verwachten dan ook dat een aanpassing van standaardwaarde en reductiepunten vooral effect heeft op locaties met een (iets) lagere woningdichtheid. Daarvoor achten we een onderzoek op basis van wegprojecten wel voldoende representatief.

Daarom maken we voor dit onderzoek gebruik van een aantal locaties langs rijkswegen die in het kader van naleving van de geluidproductieplafonds zijn onderzocht. We maken gebruik van de DMC-implementatie van Rijkswaterstaat in combinatie met eerder bij M+P ontwikkelde GIS-tools om clustering geautomatiseerd te kunnen uitvoeren. Speciaal voor dit project zijn de tools als volgt aangepast:

- De standaardwaarde is variabel gemaakt: in plaats van de waarde van 50 dB voor wegverkeer wordt nu 52 dB en 55 dB gehanteerd; woningen met een geluidbelasting $L_{den,SAK}^3$ onder de aangepaste standaardwaarde worden gefilterd en niet meer meegenomen in de clustering en budgetbepaling.
- Voor wegverkeer wordt voor bepaling van de lengte van maatregelen niet de 1D- maar de 2D-zichthoek gebruikt; dit is in de tooling nu aangepast naar de 1D-zichthoek, conform de DMC-benadering voor railverkeer.

Het betreft werkelijke situaties langs rijkswegen. De resultaten van deze analyse zijn echter hypothetisch en zullen niet overeenkomen met de doelmatigheidsafweging zoals die voor wegverkeer zou zijn uitgevoerd. Verder geldt voor dit onderzoek de aanname dat deze rijkswegsituaties representatief zijn voor de typische situatie langs het spoor en dat de gevonden invloed van de standaardwaarde op de clustering zich ook bij railverkeer zo voordoet.

4.2 Effect verlaging standaardwaarde railverkeer

4.2.1 Aantallen geluidgevoelige objecten

Bij een verlaging van de standaardwaarde worden extra woningen betrokken in de akoestische onderzoeken op woningniveau. In de huidige wetgeving tellen de woningen met een geluidbelasting van meer dan 55 dB mee; bij een standaardwaarde van 52 dB komen daar de woningen bij met een geluidbelasting van 53 tot en met 55 dB; voor het gemak noemen we die even 'nieuwe' woningen. Belangrijk voor de analyse is de vraag hoeveel nieuwe woningen dat dan zijn.

³ $L_{den,SAK}$ is de hoogste geluidbelasting op de gevels van een woning in de projectsituatie zonder maatregel, en vormt de basis voor de toekenning van de reductiepunten.

Uit de analyse van een aantal projecten voor wegverkeer, zie §4.3, blijkt dat het aantal objecten met een geluidbelasting van 52 dB of meer 92% hoger is dan het aantal objecten met een geluidbelasting van 55 dB of meer. Uit de analyse van de END-geluidkartering, zie ook de eerdere rapportages [3] en [5], is bekend dat het aantal woningen in de geluidcontour van 50 tot 55 dB een factor 3 tot 3,4 groter is dan in de geluidcontour van 55 tot 60 dB. Een inschatting van de toename tussen 55 en 52 dB is dan een factor $(3)^{(3 \text{ dB} / 5 \text{ dB})}$ à $(3,4)^{3/5} = 1,92$ à $2,08$, dus een toename van 92 tot 108%, ongeveer een verdubbeling. Verder is het zo dat bij een akoestische lijnbron, zoals een spoorlijn in de wettelijke Standaardrekenmethode 2 (SRM2), een afname van 3 dB overeenkomt met een verdubbeling van de afstand. Dus uitgaande van een homogene woningdichtheid is ook vanuit die benadering een verdubbeling van het aantal woningen bij een verlaging van 55 naar 52 dB een goed verklaarbaar resultaat.

4.2.2 Invloed op clustering

De nieuwe woningen hebben een geluidbelasting tussen 52 en 55 dB, relatief laag ten opzichte van de bestaande knelpunten. Er mag verwacht worden dat deze woningen relatief ver weg liggen van het spoor. De invloed op de clustering is, vanwege de 1D-zichthoekbenadering voor spoor (zie figuur 1), mogelijk groot. Er kunnen dan effecten worden verwacht:

- Op locaties met woningen van 53 t/m 55 dB, op plaatsen waar géén woningen boven de huidige standaardwaarde lagen ontstaan nieuwe clusters.
- Bij nieuwe woningen in de buurt van bestaande clusters, waarvan de 1D-zichthoek deels overlapt met een bestaand cluster, wordt het bestaande cluster groter, zowel het aantal objecten als ook de maatregellengte.
- Nieuwe woningen in het midden van een bestaand cluster kunnen ook volledig binnen dit cluster vallen. Dan neemt wel het aantal objecten toe, maar niet de maatregellengte.

In dit hoofdstuk onderzoeken we de invloed van de verlaging van de standaardwaarde op de clustervorming: de clusterlengte, het aantal objecten per cluster en de verdeling daarvan en ook het dekkingspercentage: hoeveel % van het hele projectgebied valt binnen een cluster en dus binnen de doelmatigheidsafweging?

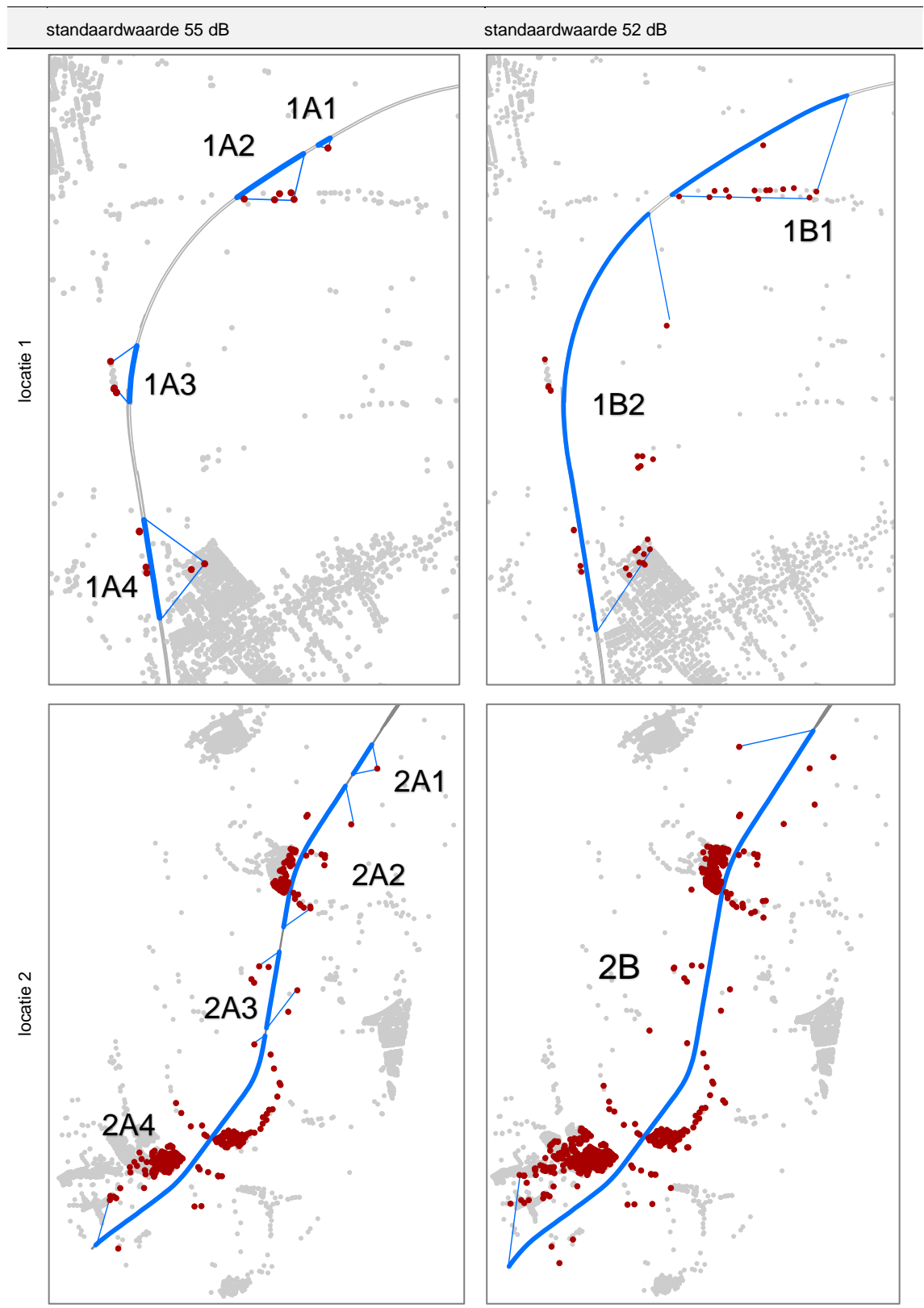
4.3 Resultaten GIS-analyse

In figuur 4 zijn als voorbeeld twee locaties (locatie 1 en locatie 2) weergegeven waarbij de invloed van de standaardwaarde op de clustering duidelijk te zien is. In de linker kolom (situatie A) is de standaardwaarde voor railverkeer van 55 dB gehanteerd; in de rechter kolom (situatie B) de verlaagde standaardwaarde van 52 dB. We merken op dat in deze voorbeelden de clustering is gemaakt voor de toepassing van bronmaatregelen, dat wil zeggen dat de objecten aan beide zijden van de bron worden betrokken bij de clustering. Voor overdrachtsmaatregelen worden de objecten aan één zijde van de bron geclusterd. Het systeem van de vorming van clusters en scheiding tussen clusters (op basis van 1D-overlap) werkt in principe verder hetzelfde.

Het volgende valt dan op:

- Bij 55 dB is het aantal woningen dat meedoet bij de clustering kleiner (minder donkerrode punten), wat logisch is.
- De woningen die bij 52 dB wél meedoen maar bij 55 dB niet, liggen doorgaans verder van de weg dan de andere woningen; ook dat valt vanuit akoestisch oogpunt te verwachten.
- Het *aantal* clusters is kleiner bij 52 dB dan bij 55 dB:
 - Op locatie 1 zijn er vier clusters in situatie A (1A1 t/m 1A4) en twee clusters in situatie B (1B1 en 1B2).

- Op locatie 2 zijn er vier clusters in situatie A (2A1 t/m 2A4) en slechts één cluster in situatie B (2B).
- De *lengte* van de clusters is groter bij 52 dB dan bij 55 dB: de clusters in de B-situaties zijn duidelijk langer dan in de A-situaties. De A-clusters worden als het ware “opgeslokt” door de B-clusters.
- Daarmee neemt ook de *dekkingsgraad* toe: er is een groter percentage van de totale weglengte dat door de clusters bedekt wordt en waarvoor dus maatregelen worden overwogen. Dat wil nog niet zeggen dat er ook meer maatregelen doelmatig zullen zijn, zie verderop in dit rapport.
- In deze twee voorbeelden ontstaan er door de lagere standaardwaarde geen *nieuwe* clusters op plaatsen waar bij de huidige standaardwaarde 55 dB nog geen cluster is. De objecten die er bij komen bij een standaardwaarde van 52 dB overlappen telkens met andere, bestaande clusters. Ook uit de andere locaties blijkt dat deze situatie (de eerste bullet in paragraaf 4.2) zich niet vaak voordoet.



figuur 4

Clustervorming bij twee nalevingsprojecten, voor standaardwaarde 52 en 55 dB. Dikke blauwe lijnen geven de clusters weer, waarbij de dunne blauwe lijnen de uiterste 1D-zichthoeken aan de rand weergeven. Donkerrode punten zijn woningen met een $L_{den,gpp}$ boven de standaardwaarde.

5 Aanpak en uitgangspunten

5.1 Aanpak van de DMC-simulaties

In dit hoofdstuk brengen we met een schematische DMC-analyse in beeld wat de kwantitatieve gevolgen zijn van een standaardwaarde van 52 dB, in de drie scenario's voor een aangepaste toedeling van de reductiepunten.

We maken hiervoor een inschatting per scenario hoeveel meer of minder maatregelen er getroffen zullen worden dan in de huidige situatie, de referentie. De methode is gebaseerd op de DMC-simulaties die zijn beschreven in rapport [5], met daaraan toegevoegd de invloed van de extra woningen die in een akoestisch onderzoek meedoen bij een lagere standaardwaarde. De resultaten van de analyse uit hoofdstuk 4 dienen als input voor de analyse. De analyse is voortgebouwd op de resultaten van de voorgaande onderzoeken [3] en [5] en komt neer op het onderstaande. De uitgangspunten en getallen worden in de volgende paragraaf verder gedetailleerd besproken.

Om het effect van de scenario's op de kosten voor geluidmaatregelen in te schatten, vormen we een aantal representatieve, geïdealiseerde clusters, variërend in het aantal objecten per cluster. Binnen elk representatief cluster wordt uitgegaan van een vaste verdeling van 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.

De regels van het doelmatigheids criterium, zoals uiteengezet in paragraaf 2.3, worden volledig toegepast, met uitzondering van enkele punten die niet goed te automatiseren zijn. Dat geldt voor 'regel 3' (nagaan of er een nagenoeg gelijk effectieve maatregel is tegen significant lagere kosten) en 'regel 4' (geen kapitaalvernietiging bij recent gebouwde schermen). Ook wijzen we erop dat de doelmatigheidsafweging in de praktijk niet het eindpunt is bij het bepalen van een maatregel. Er zijn soms overwegende bezwaren tegen de toepassing van de doelmatige maatregel, waardoor deze maatregel niet of slechts gedeeltelijk wordt getroffen. Ook dat proces is buiten beschouwing gelaten in deze DMC-simulaties omdat dit proces niet te automatiseren is.

Uit het eerdere onderzoek is bekend, op basis van de EU-geluidkaarting uit 2016, hoe vaak een bepaalde klasse van geluidbelasting voorkomt. Die informatie gebruiken we om voor elk geïdealiseerd cluster een aanname te doen over de geluidbelasting op de verschillende objecten, zie 5.2.2. Verder hebben we gezien in hoofdstuk 4 dat een andere standaardwaarde invloed heeft op hoe vaak clusters met een bepaald aantal objecten voorkomen. Omdat we die clusterverdeling niet exact kennen, hebben we een aantal mogelijke varianten daarbij onderzocht, zie paragraaf 5.3. Die informatie is vervolgens gebruikt om een extrapolatie te maken van de representatieve clusters 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.

5.2 Uitgangspunten voor de simulaties

5.2.1 Aantal objecten per cluster

In de geïdealiseerde clusters is een indeling gemaakt in clustercategorieën met verschillende aantallen objecten. Bij een standaardwaarde van 55 dB zijn de objecten verdeeld over een eerste lijn en achterste lijn bebouwing. Bij een standaardwaarde van 52 dB komen er extra objecten bij die meetellen in het akoestisch onderzoek, namelijk die een geluidbelasting hebben van 53 tot 55 dB.

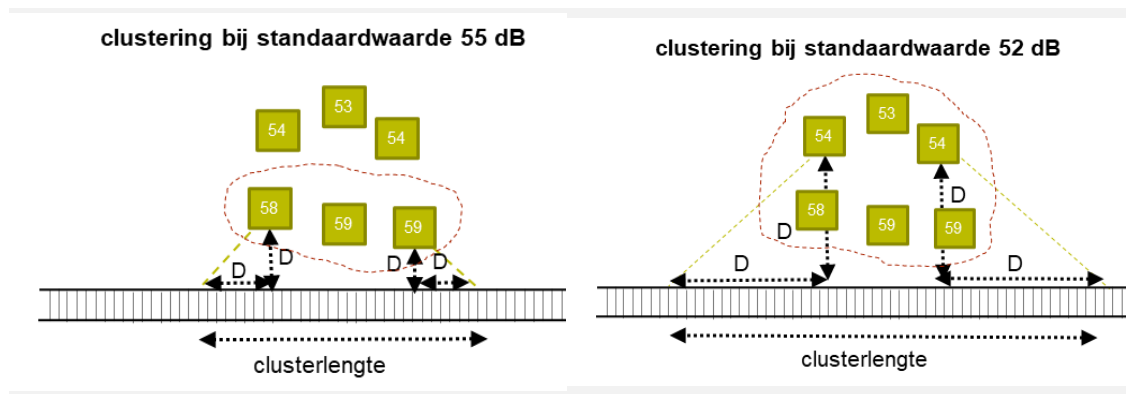
Die extra objecten zijn in de simulaties meegenomen als zijnde de derdelijns bebouwing. De uitgangspunten hoe de objecten zijn verdeeld zijn gegeven in tabel II.

tabel II

Verdeling van objecten binnen een cluster in de DMC-simulaties

Verdeling objecten binnen cluster	Aantal objecten per cluster					
	1	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100
Standaardwaarde 55 dB						
Eerste lijn	1	2	4	8	18	38
Achterste lijn	0	1	4	7	17	37
Standaardwaarde 52 dB						
Eerste lijn	1	1	2	3	8	17
Middelste lijn	0	1	2	5	12	25
Achterste lijn	0	1	4	7	15	33

Ten opzichte van een standaardwaarde van 55 dB zijn de eerste en middelste lijn bij 52 dB standaardwaarde verdund; er liggen minder objecten op de eerste en middelste lijn. Bij 52 dB standaardwaarde is immers een derde lijn bebouwing toegevoegd en het aantal objecten bij een bepaalde clustergrootte is constant gehouden. Dit kan alleen wanneer er minder objecten op de eerste en middelste lijn liggen. Bij een verlaging van de standaardwaarde van 55 naar 52 dB verschuiven de clusters daarmee in feite naar een 'hogere categorie'; een cluster dat eerst twee tot vijf objecten had krijgt er een vergelijkbaar aantal objecten met 53 t/m 55 dB bij en valt dan onder de categorie zes tot tien objecten. Dit is schematisch geïllustreerd in figuur 5.



figuur 5

Schematische illustratie hoe cluster wijzigt bij lagere standaardwaarde

5.2.2 Verdeling geluidbelastingen binnen elk cluster

Vervolgens is een geïdealiseerde indeling gemaakt in geluidbelastingklassen binnen elke clustercategorie. In de praktijk komen immers clusters voor met verschillende geluidbelastingen op de eerste, middelste en achterste lijn bebouwing. Voor grote clusters is steeds aangenomen dat de



achterste lijn bebouwing een geluidbelasting heeft net boven de standaardwaarde. In dicht bebouwd gebied (zeker binnenstedelijk) is immers te verwachten dat er bebouwing aanwezig is tot aan de standaardwaarde en lager.

Ook is een verdeling aangenomen voor hoe vaak een cluster van een bepaalde geluidbelastingklasse voorkomt. Voor kleine clusters (met maximaal twintig objecten) is aangenomen dat deze gelijk is aan de verdeling van (individuele) woningen over geluidbelastingklassen. Voor grote clusters achten we het onwaarschijnlijk dat een cluster alleen bestaat uit woningen in de laagste geluidbelastingklasse van 53 dB; dan zou immers een groot aantal dicht bijeen gelegen objecten dezelfde geluidbelasting moeten hebben. Aangenomen is dat grote clusters op de eerste lijn minimaal 56 dB geluidbelasting hebben en dat ze zich verder gelijk verdelen over de klassen. Grote clusters zullen in de praktijk immers vaak in de kernen liggen, waar de $L_{den,SAK}$ -geluidbelasting op de eerste lijn gemiddeld hoger zal zijn dan buiten de kernen.⁴

De uitgangspunten voor de geluidbelastingklassen en de verdeling van clusters over die klassen zijn weergegeven in tabel III. Deze verdeling is afgeleid uit de resultaten van de EU-geluidkartering voor ProRail, zoals ook in de eerdere onderzoeken is gedaan [3][5]. Voor het huidige onderzoek naar verlaging van de standaardwaarde naar 52 dB, is nu op dezelfde manier de geluidbelastingsklasse 53 dB toegevoegd.

⁴ NB. Dit uitgangspunt is gewijzigd ten opzichte van rapport [5].

tabel III

Verdeling van geluidbelasting op objecten binnen een cluster in de DMC-simulaties

Geluidbelasting [dB]	Geluidbelastingklasse van het cluster [dB]				
	53	56	61	66	71
Standaardwaarde 55 dB					
Kleine clusters Eerste lijn	-	56	61	66	71
Achterste lijn	-	56	56	61	66
Hoe vaak komt deze geluidbelastingklasse voor bij kleine clusters:	0%	72%	25%	3%	<1%
Grote clusters Eerste lijn	-	56	61	66	71
Achterste lijn	-	56	56	56	56
Hoe vaak komt deze geluidbelastingklasse voor bij grote clusters:	0%	25%	25%	25%	25%
Standaardwaarde 52 dB					
Kleine clusters Eerste lijn	53	56	61	66	71
Middelste lijn	53	56	56	61	66
Achterste lijn	53	53	53	53	53
Hoe vaak komt deze geluidbelastingklasse voor bij kleine clusters:	24%	48%	25%	3%	0%
Grote clusters Eerste lijn	53	56	61	66	71
Middelste lijn	53	56	56	56	56
Achterste lijn	53	53	53	53	53
Hoe vaak komt deze geluidbelastingklasse voor bij grote clusters:	0%	25%	25%	25%	25%

Voor de grote clusters is bij een standaardwaarde van 52 dB de geluidbelasting op de middelste lijn gelijk gekozen aan die op de achterste lijn bij een standaardwaarde van 55 dB, namelijk 56 dB. In de praktijk zullen uiteraard ook andere verdelingen voorkomen; in de bandbreedte analyse (paragraaf 6.4) zullen we nagaan in hoeverre andere uitgangspunten leiden tot andere resultaten.

5.2.3 Clusterlengte en verhoudingen

Uit hoofdstuk 4 is bekend dat clusters bij een lagere standaardwaarde andere karakteristieken krijgen. Doordat er extra woningen meetellen, worden de clusters groter en worden clusters samengevoegd. Door deze mechanismes zijn er bij een standaardwaarde van 52 dB in totaal minder clusters. Die clusters hebben gemiddeld meer objecten en zijn langer dan de clusters bij een standaardwaarde van 55 dB. De lengte van clusters, zoals gebruikt in de simulaties, zijn gegeven in tabel IV en tabel V.

tabel IV Clusterlengte als functie van clustergrootte (afhankelijk van de standaardwaarde)

Aantal objecten in het cluster	clusterlengte	
	standaardwaarde 55 dB	standaardwaarde 52 dB
1	49	69
2 t/m 5	143	200
6 t/m 10	261	365
11 t/m 20	306	428
21 t/m 50	625	875
51 t/m 100	651	911

5.3 Clusterverdeling

Ook moet in de analyse een uitgangspunt worden gekozen voor de vraag hoe de clustercategorieën zijn verdeeld. Met andere woorden: hoe vaak komt het voor dat een cluster een bepaald aantal objecten heeft? Voor een standaardwaarde van 55 dB is deze vraag eerder onderzocht op basis van akoestische onderzoeken in planstudies. Die verdeling is gegeven in tabel V.

tabel V Verdeling van de clustergrootte bij standaardwaarde van 55 dB

Aantal objecten in het cluster	Hoe vaak komt deze clustergrootte voor
	standaardwaarde 55 dB
1	43%
2 t/m 5	25%
6 t/m 10	14%
11 t/m 20	5%
21 t/m 50	3%
51 t/m 100	5%
101 t/m 200	3%
201 t/m 500	3%

Een belangrijk uitgangspunt in de DMC-simulaties is de vraag hoe de verdeling van clustergroottes⁵ is bij een standaardwaarde van 52 dB. Op basis van de (beperkte) data die is geanalyseerd in hoofdstuk 4 zijn hier namelijk nog verschillende keuzes in te maken. Uit de DMC-simulaties blijkt

⁵ N.B.: de term 'clustergrootte' gebruiken we in dit rapport om het aantal objecten in een cluster aan te duiden. Voor de lengte van het traject dat een cluster beslaat gebruiken we de term 'clusterlengte'.

bovendien dat de resulterende kosten tamelijk gevoelig zijn voor het gekozen uitgangspunt in deze verdeling.

Uit de GIS-analyse van hoofdstuk 4 bleek dat er verschillende dingen gebeuren bij een verlaging van de standaardwaarde:

- Er komt een groot aantal objecten bij in het onderzoek; het totale aantal beschouwde objecten wordt ongeveer een factor 2 groter (92% extra woningen).
- Door die extra objecten wordt een deel van de bestaande clusters samengevoegd.
- Een deel van de clusters wordt groter doordat er extra objecten bij komen in het cluster.
- Het verschijnen van nieuwe clusters met een geluidbelasting van 53 tot 55 dB lijkt weinig voor te komen.
- De meeste nieuwe woningen komen erbij in de grote clusters. Vooral de grote clusters zijn verantwoordelijk voor de toename van het aantal objecten.
- Het totale aantal clusters wordt kleiner.

De GIS-analyse gaat weliswaar over een behoorlijk aantal kilometers en een fors aantal objecten, maar gaat over slechts een beperkt aantal clusters (veertien clusters bij standaardwaarde 55 dB; acht bij standaardwaarde 52 dB). Dat zijn te weinig data om een betrouwbare statistische analyse te maken hoe de clustergrootte verandert bij een andere standaardwaarde, dus daar moeten we een aanname voor doen. Een betrouwbaardere parameter is het aantal objecten dat in het onderzoek zit. Daarom is er in de DMC-simulaties steeds voor gezorgd dat het aantal objecten bij een standaardwaarde van 52 dB 92% groter is dan bij een standaardwaarde van 55 dB.

De aanname voor de verdeling van clustergrootte kan op verschillende manieren gedaan worden. We kiezen een aantal verschillende varianten en berekenen voor elke variant het effect op de reductiepunten en maatregelkosten.

- Variant 1: Alle categorieën van clustergrootte schuiven één categorie. Wanneer de clusters van de 55 dB standaardwaarde groeien met de objecten van 53 tot 55 dB, schuiven ze grofweg één categorie op. Het mechanisme dat clusters samenvoegen is in deze variant ondergeschikt. Dit betekent dus bijvoorbeeld dat alle clusters die uit één woning bestaan nu uit twee woningen bestaan.
- Variant 2: De verdeling over de clustergroottes zoals bij wegverkeer. Uitgangspunt is dat de clusters zich op dezelfde manier verdelen als bij wegverkeer, waar de standaardwaarde 50 dB is. Die verdeling is onderzocht op basis van planstudies van wegverkeer (rapport [5])
- Variant 3: De laagste categorie verdwijnt, de hoogste categorie komt erbij. Aanname is dat er geen clusters van één object meer zijn, zoals bij de GIS-analyse uit hoofdstuk 4 het geval was. Daarvoor in de plaats komen er wel clusters bij van de grootste clustercategorie (>500 objecten).
- Variant 4: Verdeling op basis van het aantal objecten per categorie in de GIS-analyse van hoofdstuk 4. Uit die projecten weten we hoeveel objecten in een bepaalde clustergrootte vielen bij standaardwaarden van 55 of 52 dB. De verdeling is zo geschaald dat de clustergroottes op dit punt overeenkomen met de GIS-analyse.
- Variant 5: Verdeling als bij 55 dB, maar met de extra objecten alleen verdeeld over de hoogste categorieën (bij een clustergrootte van meer dan 100 objecten).
- Variant 6: Als variant 5, maar met minder clusters van één object. In de GIS-analyse zagen we de categorie met één object weliswaar geheel verdwijnen, maar het is niet waarschijnlijk dat deze categorie in de praktijk in zijn geheel niet meer zou voorkomen. Bij wegverkeer (met standaardwaarde 50 dB) komen deze clusters immers ook nog steeds voor. Het is echter ook niet waarschijnlijk dat er net zo veel clusters van één object blijven als bij een standaardwaarde van 55 dB. In deze variant is het aantal clusters met één object gebaseerd op de verdeling bij wegverkeer.

De gekozen varianten zijn bedoeld om de werkelijke situatie na te bootsen. De varianten simuleren hoe de clustergrootte verandert bij een andere standaardwaarde. De verdeling van de

clustergrootte, uitgedrukt in percentages, ziet er als volgt uit, zie tabel VI. De varianten zijn uitgelijnd tot een totaal van 100%.

tabel VI *Gekozen varianten verdeling van de clustergrootte [%]*

Aantal objecten in het cluster	Hoe vaak komt deze clustergrootte voor in de gekozen varianten						
	Standaardwaarde 55 dB	Standaardwaarde 52 dB					
	Scen. 0	Var.1	Var.2	Var.3	Var.4	Var.5	Var.6
1	43%	0%	18,8%	0%	0%	40,9%	18,9%
2 t/m 5	25%	43,1%	32,1%	41,0%	23,8%	23,4%	32,3%
6 t/m 10	14%	24,6%	6,7%	23,1%	13,9%	13,2%	18,2%
11 t/m 20	5%	13,8%	11,5%	7,7%	25,0%	4,4%	6,1%
21 t/m 50	3%	4,6%	9,1%	6,8%	9,4%	3,9%	5,3%
51 t/m 100	5%	4,1%	6,1%	6,0%	13,9%	3,4%	4,7%
101 t/m 200	3%	3,6%	4,8%	5,1%	0%	4,5%	6,2%
201 t/m 500	3%	3,1%	2,4%	5,1%	0%	4,5%	6,2%
> 500	0%	3,1%	8,5%	5,1%	14%	1,7%	2,2%
<i>Totaal</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>	<i>100%</i>
Correctiefactor aantal clusters		0,88	0,48	0,574	0,35	1,05	0,77

Een andere verdeling van clustergroottes leidt nu wel tot een ander aantal objecten. Idealiter zou een toename van het aantal grotere clusters gecompenseerd worden door een afname van een equivalent aantal kleinere clusters, waarbij het totale aantal clusters toe- of afneemt zodat het totaal aantal objecten gelijk blijft. Omdat we de exacte verdeling niet kennen en verschillende varianten hiervoor moeten aannemen, is nog een correctie nodig om te zorgen dat het totale aantal objecten gelijk is bij alle varianten.

Daarbij weten we dat het totale aantal objecten bij standaardwaarde 52 dB toeneemt, met 92%. Ook dat verwerken we in deze correctie. Bij de GIS-analyse van wegverkeersprojecten in hoofdstuk 4 hebben we gezien dat het totaal aantal objecten toeneemt met 92% terwijl het aantal clusters afneemt van veertien naar acht; de correctiefactor voor het totaal aantal clusters bedraagt hier dus $8/14 = 0,57$. Hoe we deze correctiefactor berekenen voor elk van de andere varianten, staat uitgelegd in het kader hieronder.

Verandering van verdeling van clustergroottes, inclusief toename van 92% objecten

Voor het overzicht wordt alleen variant 6 hier uitgewerkt, zie de tabel onderaan. Voor deze variant wordt het gemiddeld aantal objecten voor elke clustergrootte gesommeerd, gewogen met het percentage waarmee dat cluster voorkomt in de verdeling. Dan blijkt dat volgens de aangenomen verdeling, uitgaande van een gelijkblijvend totaal aantal clusters, het aantal objecten zou toenemen met een factor 2,5, ofwel +150%. We weten dat als gevolg van de verlaging van de standaardwaarde het aantal objecten in heel Nederland 'slechts' met 92% toeneemt. Dat betekent dan dat voor variant 6 het totaal aantal clusters moet afnemen met 23% (factor 0,77).

Voor een andere variant, met een andere verdeling van clustergroottes, zal het aantal objecten eveneens met 92% toenemen, maar het aantal clusters kan hoger of lager worden. Zodoende wordt elke variant gecorrigeerd met een andere correctiefactor. Een correctiefactor > 1 geeft aan dat het aantal clusters toeneemt ten opzichte van scenario 0 (standaardwaarde 55 dB) en een correctiefactor < 1 geeft aan dat het aantal clusters afneemt. De correctiefactor voor elke variant is terug te vinden in tabel VII.

Bijvoorbeeld: 6,2% van alle clusters in variant 6 bestaan uit clusters van 100-200 objecten. Relatief betekent dat $6\% \cdot 150$ (het gem. aantal objecten) = 9,3 objecten, op een totaal van 56,2 objecten.

9,3 objecten van de 56,2 objecten in variant 6 rekenen we om naar evenredig aantal objecten volgens scenario 0. Dat komt neer op 3,7 objecten van de 22,5 objecten.

Vervolgens verwerken we de gewenste 92% toename van de objecten ten opzichte van scenario 0; dan geldt: 7,1 objecten per 43,2 objecten. Relatief geeft dat een waarde van 17% voor de clustergrootte.

	clustergrootte										totaal
	1	2 - 5	6 - 10	10 - 20	20 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 500	> 500		
gem. # objecten per cluster	1	3	8	15	35	75	150	350	750		
Scen. 0 % clusters	43%	25%	14%	5%	4%	4%	3%	3%	0%		100%
Scen. 0 # objecten	0,4	0,7	1,1	0,7	1,4	2,7	4,6	10,8	0,0		22,5
Var. 6 % clusters	19%	32%	18%	6%	5%	5%	6%	6%	2%		100%
Var. 6 # objecten	0,2	1,0	1,5	0,9	1,9	3,6	9,3	21,7	16,3		56,2
	toename a.g.v. clusterverdeling										+150%
	gewenste toename										+92%
	correctiefactor										0,77

De bovenstaande verdelingen van clustergroottes en de bijbehorende correctiefactor zijn input voor de kostenberekeningen in hoofdstuk 6. Voor de interpretatie van de resultaten is het daarbij goed om te beseffen dat de verdeling van clustergroottes ("Hoe vaak komt een bepaalde clustergrootte voor in het totaal van alle clusters?") iets anders is dan de verdeling van objecten over de clusters ("In welke clusters bevinden de objecten zich?"). Op het totaal van alle objecten bezien leveren de grotere clusters een grotere bijdrage. De verdeling van objecten over de clusters, voor elke variant en gecorrigeerd voor een gelijkblijvend totaal aantal objecten ziet er als volgt uit, zie tabel VII.

tabel VII

Verdeling objecten over de clusters

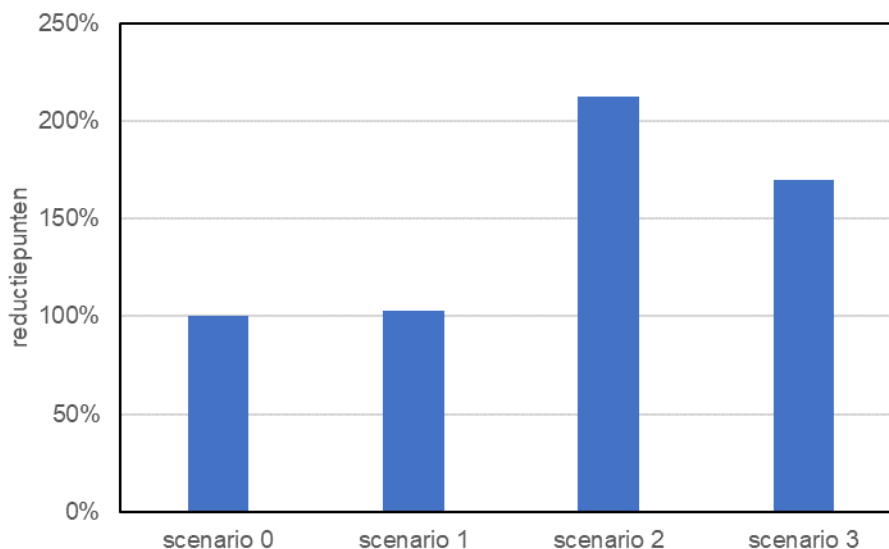
Cluster	Gemiddeld aantal objecten	Verdeling objecten over de clusters						
		Standaard-waarde 55 dB	Standaardwaarde 52 dB					
			Var. 0	Var.1	Var.2	Var.3	Var.4	Var.5
1	1	2%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
2 tot 5	3	3%	3%	1%	2%	1%	2%	2%
6 tot 10	8	5%	4%	1%	2%	1%	3%	3%
11 tot 20	15	3%	4%	2%	2%	3%	2%	2%
21 tot 50	35	6%	3%	4%	3%	3%	3%	3%
51 tot 100	75	12%	6%	5%	6%	8%	6%	6%
101 tot 200	150	21%	11%	8%	10%	0%	16%	17%
201 tot 500	350	48%	22%	9%	24%	0%	38%	39%
> 500	750	0%	47%	70%	51%	85%	29%	29%

6 Resultaten: kosten en baten

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de resultaten: wat gebeurt er met de kosten en baten van geluidmaatregelen bij een lagere standaardwaarde en bij andere curven voor het toekennen van reductiepunten bij railverkeer?

6.1 Reductiepunten

Voor elk van de scenario's staan in figuur 6 de totale budgetten aan reductiepunten weergegeven als percentage ten opzichte van scenario 0 (standaardwaarde 55 dB, huidige DMC-curve). Hieruit blijkt dat het aantal reductiepunten in scenario 1 ten opzichte van scenario 0 vrijwel gelijk is. Het aantal toegekende reductiepunten voor scenario 2 neemt toe met ruim een factor 2 en voor scenario 3 met ruim een factor 1.5.



figuur 6 Aantal toegekende reductiepunten per scenario ten opzichte van scenario 0

6.2 Kosten geluidmaatregelen

Uit de verschillende DMC-analyses volgen dan de toe- of afname van de kosten voor doelmatige geluidmaatregelen. De resultaten zijn weergegeven in tabel VIII. Voor elk van de scenario's staan de maatregelkosten weergegeven als percentage ten opzichte van scenario 0 (standaardwaarde 55 dB, huidige DMC-curve). De maatregelkosten zijn weergegeven voor elk van de zes varianten voor de clusterverdeling uit paragraaf 5.3.

tabel VIII

Verdeling van de kosten voor geluidmaatregelen in verhouding tot scenario 0

scenario	standaardwaarde	varianten clusterverdeling					
		Var.1	Var.2	Var.3	Var.4	Var.5	Var.6
Scenario 0	55 dB	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Scenario 1	52 dB	85%	70%	80%	64%	100%	97%
Scenario 2		208%	129%	156%	130%	187%	180%
Scenario 3		155%	104%	124%	108%	146%	144%

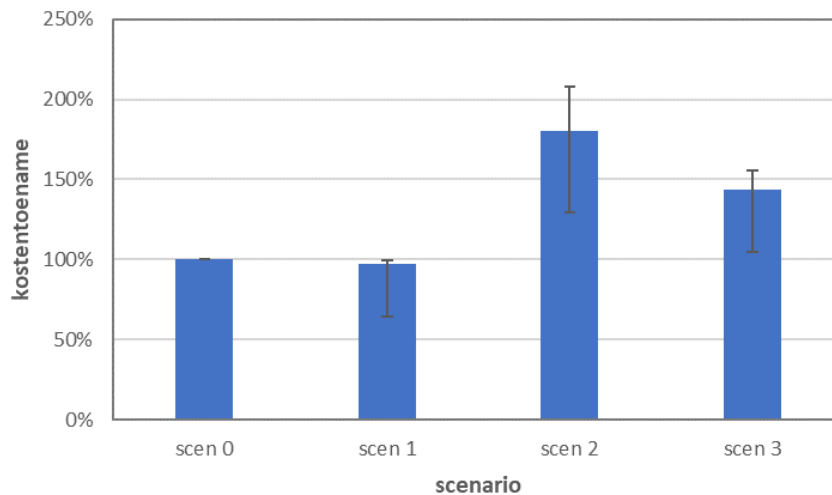
Uit tabel VIII blijkt dat er zowel een duidelijk onderscheid is tussen de verschillende scenario's als ook tussen de varianten.

Om beter inzicht te krijgen in de oorzaken van kostenverschillen, is één 'voorkeursvariant' gekozen om op in te zoomen, namelijk variant 6. Met voorkeursvariant bedoelen we hier de meest aannemelijke variant voor hoe de clusterverdeling zal zijn bij een standaardwaarde van 52 dB, op basis van de beschikbare data. Variant 6 is gebaseerd op de observatie dat de extra objecten met name in de grote clusters terecht komen.

Het resultaat voor variant 6 is grafisch gepresenteerd in figuur 7. De foutbalken geven de minimale en maximale percentages weer voor de andere varianten uit tabel VIII.

Scenario 1 blijkt voor deze variant in de simulaties iets lagere kosten te hebben dan scenario 0 (de referentie). Dat laat zich als volgt verklaren: Scenario 1 krijgt weliswaar beperkt extra budget ten opzichte van scenario 0, voor de woningen tussen 53 en 55 dB, maar dat gaat gepaard met een verhoudingsgewijs veel grotere toename van de clusterlengte. Dat betekent dat een langere en dus duurdere maatregel bekostigd moet worden dan in scenario 0. Omdat er in scenario 1 maar weinig reductiepunten worden toegekend aan de laagbelaste woningen, zijn maatregelen dan soms niet doelmatig terwijl ze dat in scenario 0 wel zijn. Dat verklaart dat de totale kosten van scenario 1 lager liggen dan bij scenario 0, ondanks dat scenario 1 meer woningen in het onderzoek betreft. De foutbalk laat zien dat het verschil tussen beide scenario's in andere varianten nog kan toenemen.

De scenario's 2 en 3 liggen in kosten wel duidelijk hoger dan scenario 0, voor alle varianten. In die scenario's wordt bij alle geluidbelastingen een groter aantal reductiepunten toegekend dan in scenario 0. Het extra budget weegt in die scenario's op tegen de duurdere maatregelen die nodig zijn voor de langere clusters. De kosten bij scenario 2 zijn ook duidelijk hoger dan scenario 3.

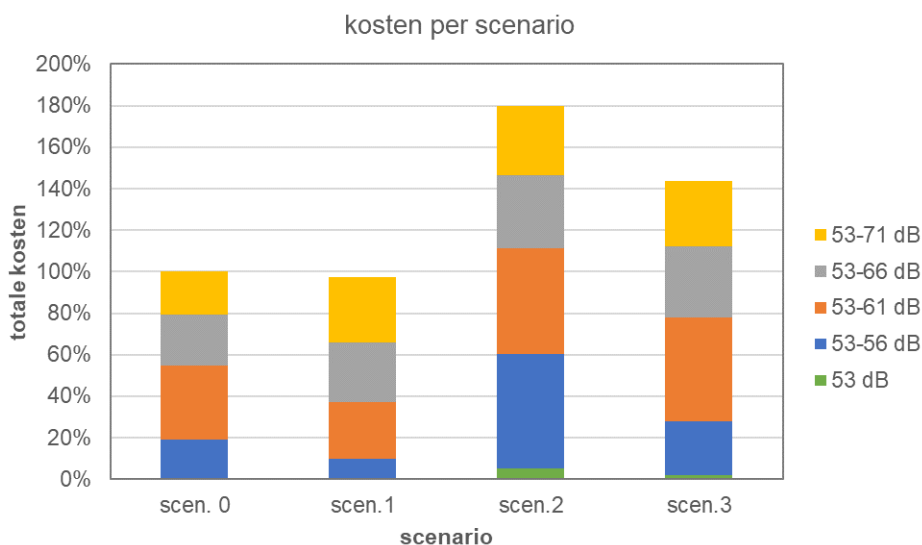


figuur 7 *Verskil in kosten tussen scenario's voor doelmatige geluidmaatregelen voor railverkeer*

6.3 **Herkomst van de kosten**

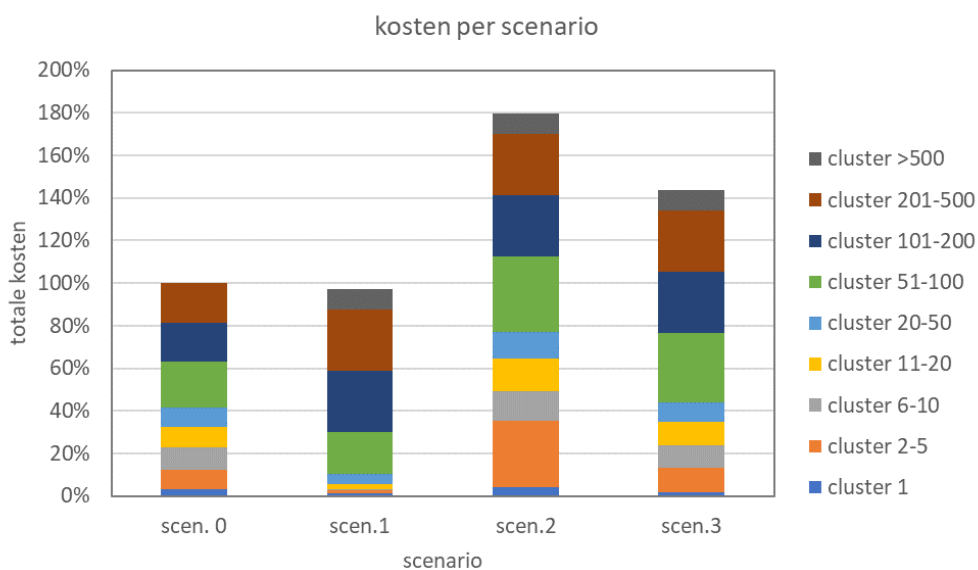
Deze paragraaf gaat nader in op de resultaten van de analyse. Zoals uit de vorige paragraaf, hangen de resultaten af van het uitgangspunt voor de verdeling van cluster groottes. We presenteren hier telkens de resultaten voor variant 6, net als in figuur 7.

In figuur 8 hebben we uitgesplitst welk deel van de kosten hoort bij welke geluidbelastingklasse (zie 5.2.2). De verschillen in kosten tussen de scenario's worden met name veroorzaakt door de clusters met lagere geluidbelastingen, vooral in de 56 dB-klasse en in iets mindere mate in de 61 dB-klasse. Bij hogere geluidbelastingen is er in alle scenario's voldoende budget voor geluidmaatregelen. In die klassen is er daardoor niet veel verschil tussen de scenario's. Bij lagere geluidbelastingen zijn in scenario 2 en 3 de budgetten aan reductiepunten hoger dan in scenario 0 en 1. Daardoor heeft vooral scenario 2 hogere kosten in de geluidbelastingklassen van 56 en 61 dB. De lage geluidbelastingen zijn dus bepalend voor de verschillen in kosten tussen de verschillende scenario's.



figuur 8 *Verskil in kosten tussen scenario's voor geluidmaatregelen voor railverkeer, uitgesplitst naar de geluidbelastingklasse van het cluster*

Ook hebben we de kosten uitgesplitst naar de verschillende categorieën van clustergrootte. Hieruit blijkt dat er ten opzichte van scenario 0 voor elke clustergrootte een verandering optreedt. Dit kan zowel een toename als een afname zijn van de kosten. Daarnaast blijkt dat in scenario 1 de kosten voor de kleine en middelgrote clusters minder worden dan in scenario 0. Daarentegen nemen de kosten voor de grote clusters toe. In scenario 2 nemen we een toename van de kosten waar voor alle clustergroottes. De verschillen tussen scenario 2 en 3 vinden we voornamelijk bij clusters tot twintig woningen; scenario 2 resulteert in meer doelmatige maatregelen dan scenario 3 voor deze kleinere clusters.



figuur 9 *Verskil in kosten tussen scenario's voor geluidmaatregelen voor railverkeer, uitgesplitst naar clustergrootte*

6.4 Bandbreedte analyse voor één clustergrootte

We zijn 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. In deze analyse zijn de volgende parameters gevarieerd:

- Het totale aantal objecten in het cluster;
- De verdeling van het aantal objecten op de eerste, middelste en achterste lijn bebouwing;
- De lengte van het cluster;
- Het aantal sporen;
- De minimaal benodigde geluidreductie om aan de toetswaarde te voldoen;
- De aanwezigheid van een bronmaatregel.

Hiermee komen we op dertien verschillende varianten. Voor een groter cluster hebben we hier nog een extra variant toegevoegd waarin we de geluidniveaus op de middelste en achterste lijn bebouwing hebben gevarieerd.

De gevoeligheidsanalyse is voor twee clustergroottes uitgevoerd:

- Een cluster met 11 t/m 20 objecten;
- Een cluster met 51 t/m 100 objecten.

tabel IX Bandbreedte analyse voor het cluster met 11 tot 20 objecten

variant	omschrijving	#obj eerste lijn	#obj middelste lijn	#obj achterste lijn	clusterlengte [m]	#sporen	geluidreductie [dB]	bronmaatregel aanwezig?
var 1	voorkeursvariant	3	5	7	428	2	5	nee
var 2	minder objecten	2	4	6	428	2	5	nee
var 3	meer objecten	4	6	8	428	2	5	nee
var 4	Meer eerste lijn	5	4	6	428	2	5	nee
var 5	meer middelste lijn	2	7	6	428	2	5	nee
var 6	meer achterste lijn	2	4	9	428	2	5	nee
var 7	kort cluster	3	5	7	307	2	5	nee
var 8	lang cluster	3	5	7	549	2	5	nee
var 9	drie sporen	3	5	7	428	3	5	nee
var 10	vier sporen	3	5	7	428	4	5	nee
var 11	hoge reductie	3	5	7	428	2	7	nee
var 12	lage reductie	3	5	7	428	2	4	nee
var 13	al bronmaatregel aanwezig	3	5	7	428	2	5	ja

tabel X Bandbreedte analyse voor het cluster met 51 tot 100 objecten

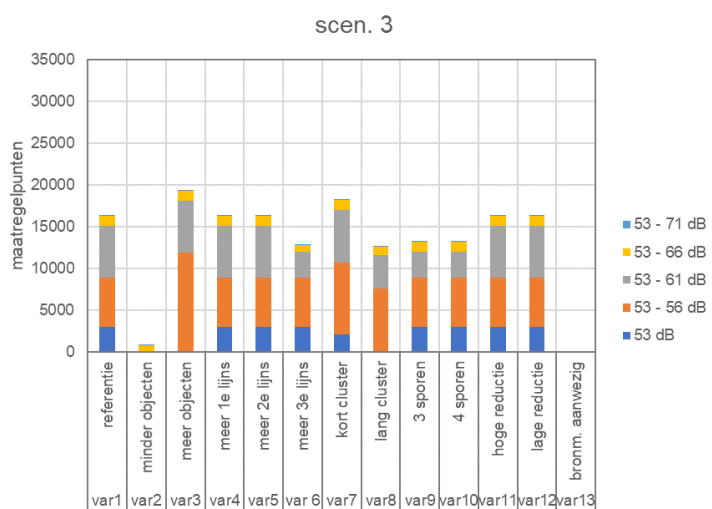
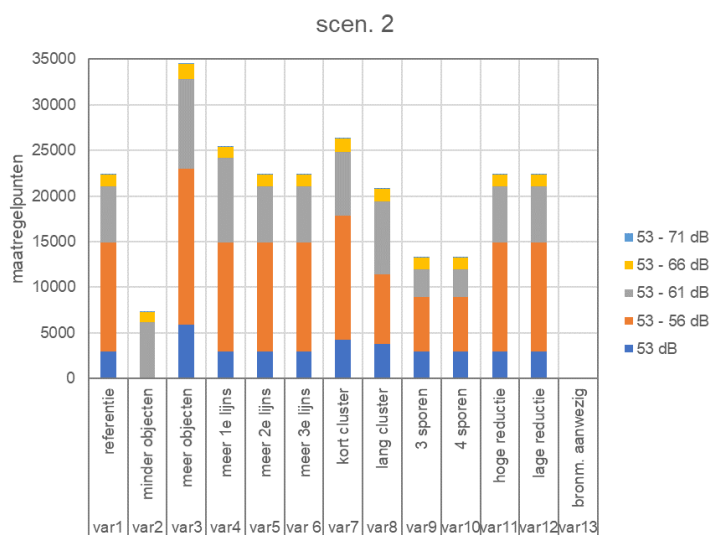
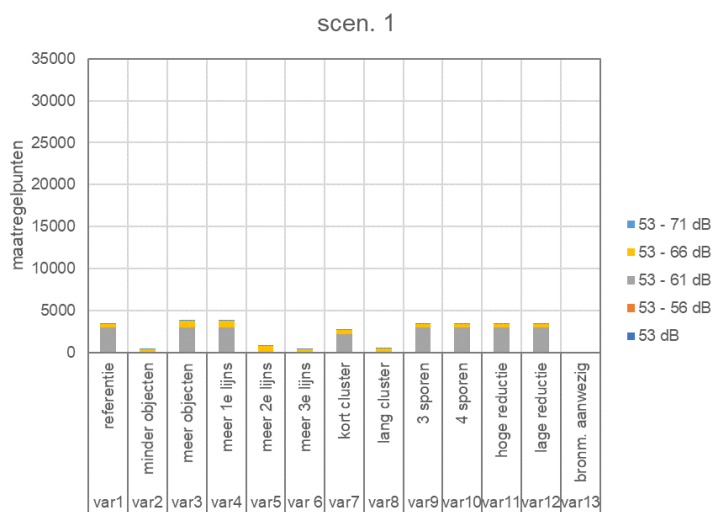
variant	omschrijving	#obj eerste lijn	#obj middelste lijn	#obj achterste lijn	clusterlengte [m]	#sporen	geluidreductie [dB]	bronmaatregel aanwezig?
var 1	voorkeursvariant	17	25	33	911	2	5	nee
var 2	minder objecten	11	19	27	911	2	5	nee
var 3	meer objecten	25	31	39	911	2	5	nee
var 4	Meer eerste lijn	27	20	28	911	2	5	nee
var 5	meer middelste lijn	12	35	28	911	2	5	nee
var 6	Meer achterste lijn	12	20	43	911	2	5	nee
var 7	kort cluster	17	25	33	307	2	5	nee
var 8	lang cluster	17	25	33	711	2	5	nee
var 9	drie sporen	17	25	33	1111	3	5	nee
var 10	vier sporen	17	25	33	911	4	5	nee
var 11	hoge reductie	17	25	33	911	2	7	nee
var 12	lage reductie	17	25	33	911	2	4	nee
var 13	al bronmaatregel aanwezig	17	25	33	911	2	5	ja
var 14	L_{den} middelste lijn	17	25	33	911	2	5	nee

Voor de veertiende variant hebben we de geluidniveaus op de middelste lijn aangepast. Onderstaande tabellen geven weer wat deze geluidniveaus zijn. De bovenste tabel geeft aan wat de verdeling in de voorkeursvariant is. De onderste tabel geeft weer wat de geluidniveaus zijn op de middelste lijn in variant 14.

voorkeursvariant	L_{den} eerste lijn	L_{den} middelste lijn	L_{den} achterste lijn
53 dB	53	53	53
53-56 dB	56	56	53
53-61 dB	61	56	53
53-66 dB	66	56	53
53-71dB	71	56	53

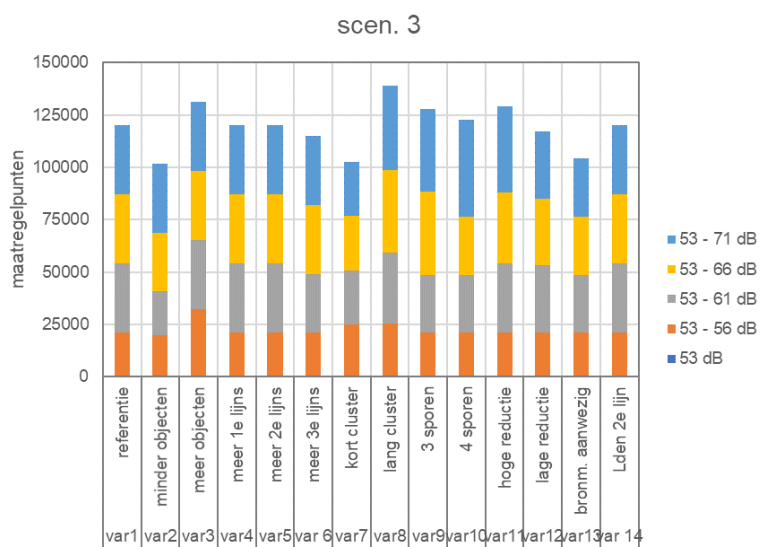
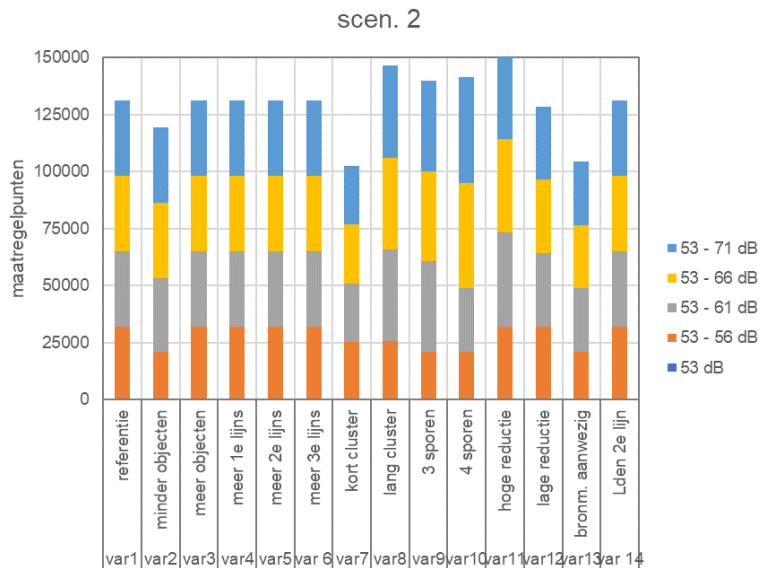
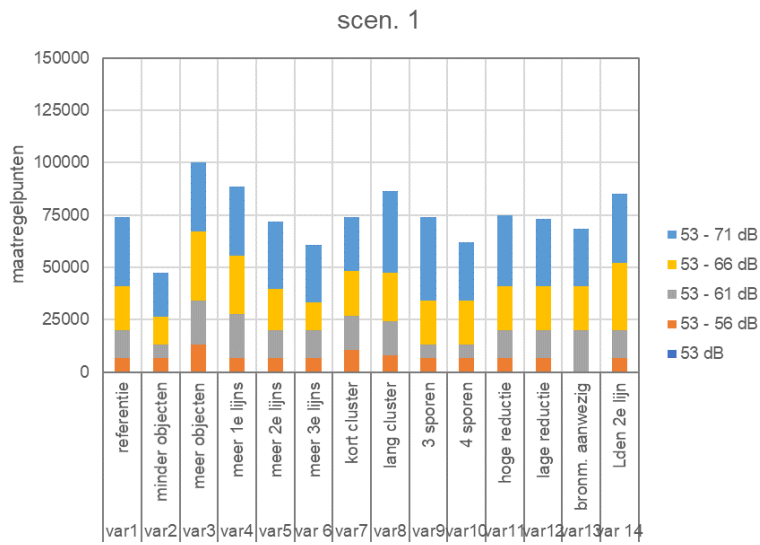
variant 14	L_{den} eerste lijn	L_{den} middelste lijn	L_{den} achterste lijn
53 dB	53	53	53
53-56 dB	56	56	53
53-61 dB	61	56	53
53-66 dB	66	61	53
53-71dB	71	66	53

Figuur 10 geeft de resultaten voor de clusters van 11 tot en met 20 woningen en figuur 11 toont de resultaten voor clusters van 51 tot en met 100 woningen.



figuur 10

Resultaten bandbreedte analyse voor clusters met 11 tot en met 20 woningen



figuur 11

Resultaten bandbreedte analyse voor clusters met 51 tot en met 100 woningen

Voor het cluster van 11 tot en met 20 objecten zien we de grootste gevoeligheid voor het aantal objecten in het cluster en de aanwezigheid van een bronmaatregel. Bij een kleiner cluster betekent dat door het toevoegen van een paar objecten het totale aantal objecten relatief sterk toeneemt. Voor grotere clusters zal de gevoeligheid voor het aantal objecten minder groot zijn. Alhoewel ook voor het cluster van 51 tot en met 100 objecten scenario 1 nog steeds gevoelig is voor het aantal objecten.

De gevoeligheid voor de aanwezigheid van een bronmaatregel zien we bij clusters van 51 tot en met 100 in mindere mate terug.

De analyse is bij kleine clusters vrijwel niet gevoelig voor de vereiste geluidreductie. Bij grotere clusters is hier wel enige gevoeligheid voor. Voor de lengte van het cluster zien we een tegengesteld effect voor het cluster van 11 tot en met 20 objecten en voor het cluster van 51 tot en met 100 objecten. Bij het cluster van 11 tot en met 20 objecten zien we dat een kortere clusterlengte leidt tot hogere kosten en een langere clusterlengte leidt tot lagere kosten. Bij het cluster van 51 tot en met 100 objecten is dit juist omgekeerd.

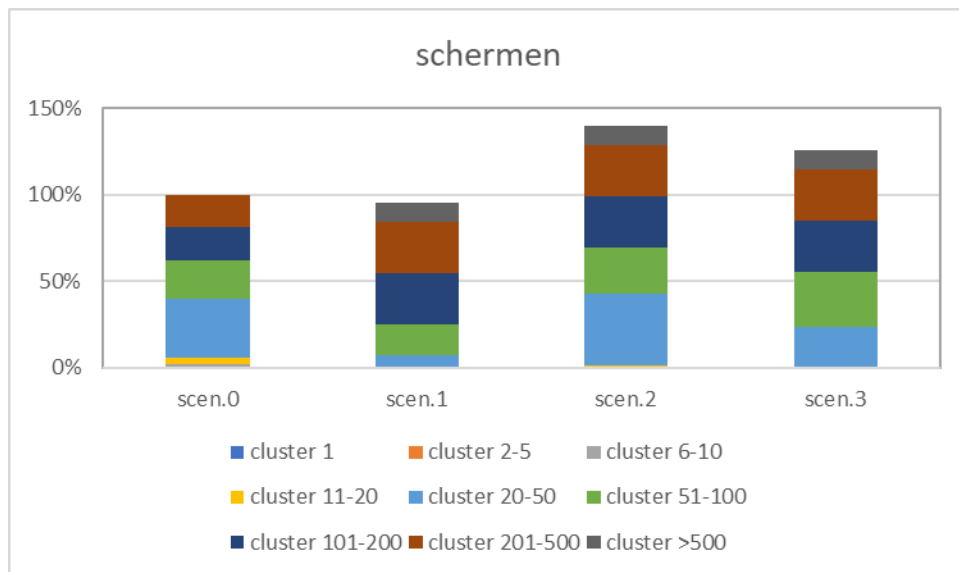
Dit betekent dat voor kleine clusters het budget bepalend is voor de te treffen maatregel, terwijl dat voor grotere clusters het budget niet het geval is. Een wat hoger of wat langer geluidsscherm is dan nog steeds te betalen wanneer dit nodig is.

Verder zien we slechts een kleine gevoeligheid voor het geluidniveau op de middelste lijn bebouwing. Alleen voor scenario 1 levert het verhogen van het geluidniveau op de middelste lijn tot meer kosten.

De grootste variatie in het aantal bestede maatregelpunten treedt op bij de lage geluidbelastingen. Het verschilt dan per scenario of variant of er een doelmatige maatregel is. Bij hoge geluidbelastingen is er veel minder verschil tussen de scenario's en de varianten, wat betekent dat er voldoende budget is om maatregelen te treffen.

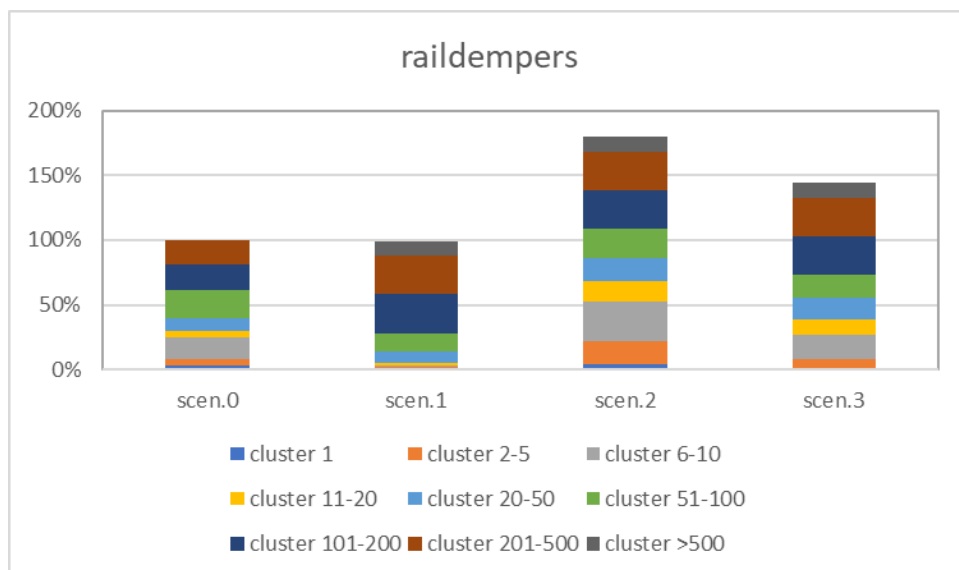
6.5 Maatregelen

In de voorgaande paragrafen hebben we onderzocht in welke mate de drie scenario's leiden tot een toename van de kosten voor maatregelen. Hieruit blijkt dat er verschil in kosten zit tussen de verschillende scenario's. Dat roept de vraag op aan welke maatregelen deze kosten besteed worden. Dat is geïllustreerd in figuur 12 en figuur 13. Hierin is per scenario uitgesplitst naar welke clusterlengte de maatregelen gaan.



figuur 12

Hoeveelheid schermen (in m2, lengte x hoogte), per scenario, geschaald in vergelijking met scenario 0



figuur 13

Hoeveelheid raildempers in m, per scenario, geschaald in vergelijking met scenario 0

Deze figuren illustreren hoe het kan dat scenario 1 niet leidt tot een significante toename van de kosten. Door de verlaging van de standaardwaarde komen er 92% extra woningen bij. Deze laagbelaste woningen generen maar een gering budget per woning. Tegelijkertijd zal een cluster van een bepaalde cluster grootte, bijvoorbeeld van 11 tot 20 objecten, nu gemiddeld voor bijna de helft bestaan uit deze laagbelaste woningen met minder dan 56 dB. De gemiddelde geluidbelasting voor een cluster daalt dus en dat heeft ook een dempend effect op het budget van een cluster. De maatregel die betaald moet worden is in de nieuwe situatie echter wel langer dan in scenario 0 en daarmee duurder.

Voor de kleinere clusters zien we dan ook in figuur 12 en figuur 13 dat zowel schermen als raildempers minder vaak doelmatig zijn. Het extra budget dat in scenario 1 wordt toegekend is voor

deze clusters dan niet voldoende om het dempend effect en het langer worden van het cluster te compenseren om een vergelijkbare maatregel te bekostigen als in scenario 0. Voor de grotere clusters daarentegen worden in scenario 1 juist meer schermen en meer raildempers toegepast. Voor grote clusters was en is het budget niet de beperkende factor; er was voorheen al voldoende budget om de knelpunten op te lossen. De maatregelen worden in scenario 1 dan ook alleen omvangrijker doordat de clusters langer zijn én doordat de grote clusters vaker voorkomen.

Voor scenario 2 en 3 komen er voor de kleine clusters tot twintig objecten wel extra raildempers, maar geen extra schermen. Vanaf twintig objecten zijn in scenario 2 en 3 schermen wel doelmatig. Voor de clusters van twintig tot vijftig objecten zijn de kosten voor die schermen sterk onderscheidend tussen de verschillende scenario's. De schermen voor deze clusters vormen daarmee een belangrijke kostendrijver voor vooral scenario 2, en in iets mindere mate voor scenario 3.

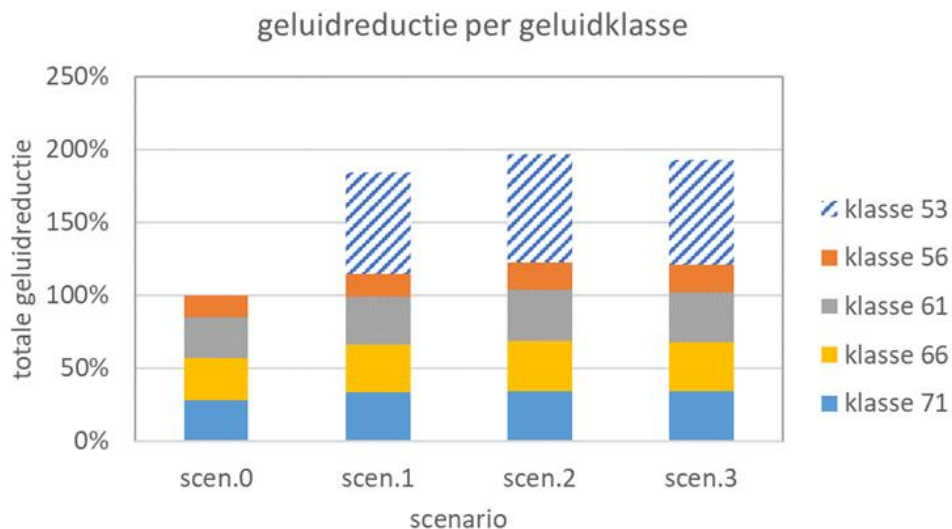
In scenario 0 zijn voor de kleinere clusters regelmatig raildempers net doelmatig op één spoor. Scenario 2 en 3 genereren meer budget dan scenario 1, waardoor de toename van de budgetten dan wel opweegt tegen de extra lengte van de maatregelen. De kosten voor de raildempers nemen dus toe, doordat er nu vaak ook genoeg budget is voor raildempers op twee sporen én over een grotere lengte. Voor de kleinere clusters zijn schermen aanvullend op de raildempers dan niet meer doelmatig. Voor de grotere clusters zien we wel dat de toepassing van schermen sterk toeneemt. Dat komt, net als bij scenario 1, enerzijds doordat de clusters langer zijn en anderzijds doordat grote clusters vaker voorkomen.

Bij dit laatste punt merken we op dat het vaker voorkomen van grote clusters gebaseerd is op de aannames voor variant 6, zoals uitgewerkt in paragraaf 5.3. Juist die aanname is onzeker, omdat er slechts beperkt onderliggende data beschikbaar zijn. Bovendien hebben we ook gezien dat de uitkomst van gehele analyse gevoelig is voor de aanname die hiervoor is gekozen.

Voor grote clusters merken we ook op dat er een onzekerheid zit in de aanname hoe veel langer een cluster wordt bij een lagere standaardwaarde. Voor de kostenraming is aangenomen dat de grote clusters (> 100 objecten) niet meer langer worden. In de planstudies voor railverkeer bleek namelijk dat de clusterlengte op enig moment niet of nauwelijks meer toeneemt met het aantal objecten in het cluster. Mogelijk komt dat door fysieke beperkingen voor de lengte van een maatregel, bijvoorbeeld de aanwezigheid van een station of spoorwegovergang. Het gaat in de planstudies echter om een klein aantal clusters, waarop dit uitgangspunt is gebaseerd. De onzekerheid die hierdoor optreedt wordt bij lagere standaardwaarde versterkt, doordat de grote clusters vaker voorkomen.

6.6 Baten

Het doel van alle maatregelen is - vanzelfsprekend – om een vermindering van de geluidbelasting te realiseren bij de woningen. Als volgende stap hebben we daarom in kaart gebracht hoe de gerealiseerde geluidreducties van de scenario's zich tot elkaar verhouden. Dit is gedaan door voor de doelmatige maatregelen de geluidreductie per woning te bepalen en deze over de woningen te sommeren. Hierbij houden we rekening met het aantal woningen dat betrokken wordt in het onderzoek, de verdeling van clusters over de geluidklassen en de clusterverdeling. Het resultaat van deze berekening is geschaald ten opzichte van scenario 0. Scenario 0 dient dus als referentie en staat op 100 %. De grafiek in figuur 14 laat zien hoe de gesommeerde geluidreducties van de scenario's 1, 2 en 3 zich verhouden tot die van scenario 0. Daarbij is het vooral ook interessant om te zien bij welke geluidklasse welke geluidreductie wordt bereikt.



figuur 14 *Gerealiseerde geluidreductie per scenario, uitgesplitst naar geluidklasse en geschaald in vergelijking met scenario 0*

Wat direct opvalt is de forse geluidreductie voor woningen in de 53 dB-klasse in de scenario's 1 t/m 3. Daarbij is direct een nuancering op zijn plaats. Deze 53 dB woningen zijn in scenario 0 ook aanwezig en liggen dan regelmatig ook achter clusters waar maatregelen voor getroffen worden. Het is goed mogelijk dat een deel van de woningen in de 53 dB-klasse daarmee in scenario 0 ook al impliciet beschermd werden. Omdat die woningen in scenario 0 buiten het akoestisch onderzoek vallen, weten we echter niet welk deel daarvan toen al mee profiteerde van de maatregelen voor de hoger belaste woningen.

Als je dat wel zou kunnen meerekenen, zou in scenario 0 ook een blauw gearceerde balk voor de 53 dB-klasse verschijnen. De hoogte daarvan zal lager zijn dan voor de scenario's 1 t/m 3, maar het is niet bekend hoe veel lager.

Typische locaties die gaan profiteren van een verlaging van de standaardwaarde, zijn nieuwere woonwijken die iets verder van het spoor liggen, en die destijds zo zijn gebouwd dat de geluidbelasting onder de voorkeursgrenswaarde voor nieuwbouw bleef. Die woonwijken gaan met een lagere standaardwaarde wel binnen het onderzoek vallen, en vormen dan waarschijnlijk ook grotere clusters, waarvoor wel financieel doelmatige maatregelen te treffen zijn.

Voor alle scenario's lopen de baten in alle geluidbelastingklassen op, ook in de geluidbelastingklassen van 56 dB en hoger. In de 56 dB-klasse zitten de grootste verschillen tussen de scenario's, de toegenomen baten liggen daar tussen de 7% (in scenario 1) tot 27% (in scenario 2). Hoe hoger de geluidbelastingklasse, hoe kleiner het verschil tussen de scenario's is. In de hoogste geluidklasse (71 dB) nemen de baten in alle drie de scenario's met iets meer dan 20% toe. Bij de lagere geluidklassen zijn de scenario's dus meer onderscheidend dan bij hogere geluidbelastingen. Dat komt doordat bij lagere geluidklassen de relatieve verschillen in toegekend budget tussen scenario's groter zijn. Bovendien is er bij de lage geluidklassen (bij kleinere clusters) meestal onvoldoende budget om het knelpunt in zijn geheel op te lossen. Daardoor leidt meer budget voor de lagere geluidklassen ook tot duurdere maatregelen.

Het verschil in baten tussen de scenario's 1, 2 en 3 is klein. Dat laat zich vooral verklaren door het feit dat verreweg het grootste deel van de objecten zich bevindt in de grootste clusters (zie ook paragraaf 5.3). In figuur 15 zijn de baten per scenario uitgesplitst naar grote en kleine clusters. Duidelijk is dat bij elk scenario méér dan 90% van de geluidreductie behaald wordt in de clusters met 100 woningen of meer. Juist bij deze grootste clusters is het budget niet bepalend voor het

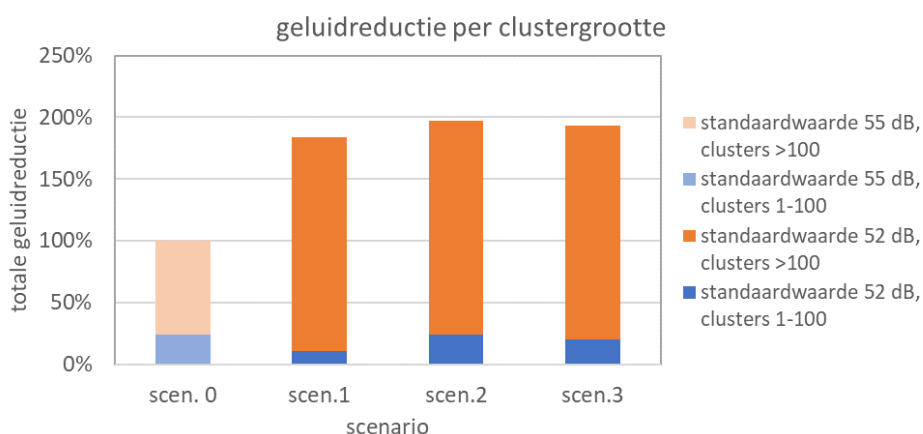
maatregelpakket. De verschillende reductiepuntencurves van scenario 1, 2 of 3 maken daar dan ook weinig verschil. Bij figuur 15 is overigens dezelfde nuancering op zijn plaats als bij figuur 14, namelijk dat in scenario 0 er ook woningen met 53 – 55 dB zijn die al impliciet meeprofiteren van maatregelen, wat zou zorgen voor een hogere geluidreductie in scenario 0 dan hier afgebeeld.

Wat ook opvalt is dat scenario 1 ten opzichte van scenario 0 méér baten oplevert, terwijl de maatregelkosten voor scenario 1 die uit de simulaties volgen ten opzichte van scenario 0 gelijkwaardig zijn. Dat wijst erop dat de verlaging van de standaardwaarde er voor zorgt dat het budget efficiënter besteed wordt. Dat geldt ook als we de baten voor de 53-klasse buiten beschouwing zouden laten; ook zonder de blauw gearceerde balk uit figuur 14 zijn de baten voor scenario 1 immers groter dan voor scenario 0. Doelmatige maatregelen zullen zich concentreren op plaatsen met een hogere woningdichtheid. Een efficiëntere besteding van het budget laat zich verklaren door het gegeven dat de maatregelen vooral naar de grote clusters gaan; in kleinere clusters zijn de kosten per woning hoger dan in grote clusters.

Anderzijds zullen er zich situaties voordoen waar in scenario 0 wél maatregelen getroffen worden, maar in scenario 1 niét. Dit is zichtbaar in figuur 15, waar de blauwe balk in scenario 1 (voor clusters < 100 objecten) ongeveer gehalveerd is ten opzichte van scenario 0. Voor zulke situaties betekent dat een achteruitgang van het beschermingsniveau, ook al is het, op de totale bereikte geluidreductie, slechts een relatief klein aandeel.

Om dit verder duidelijk te maken zijn de maatregelkosten uit figuur 9 opnieuw weergegeven in figuur 16, nu gegroepeerd in grote en kleine clusters. Daarbij is de grens tussen 'groot' en 'klein' gekozen bij 100 woningen. Ondanks dat het aantal woningen bijna verdubbelt zijn de maatregelkosten voor de kleine clusters (blauwe balk) in scenario 1 duidelijk lager dan in scenario 0. Er worden dus minder kosten gemaakt voor alle objecten in clusters t/m 100 objecten.⁶

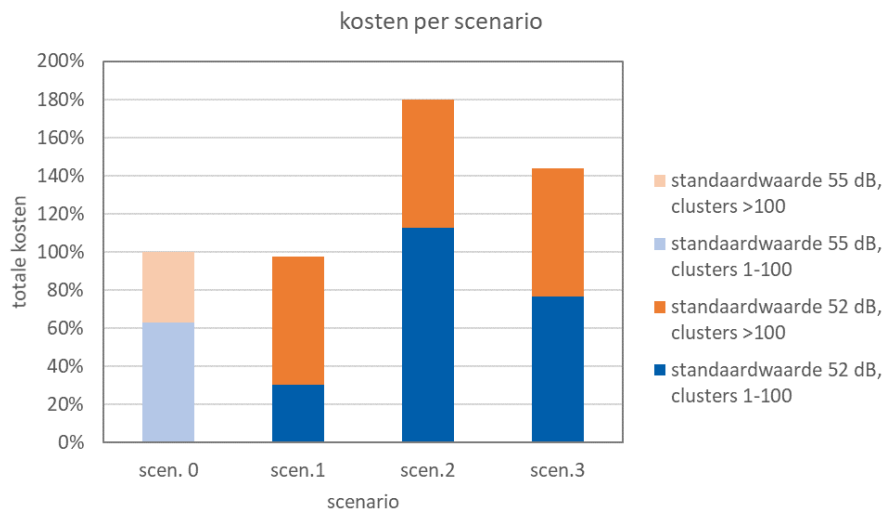
Bij scenario 2 en 3 zijn de maatregelkosten, en ook de baten, groter voor zowel de grote als de kleine clusters. Voor deze scenario's is het niet waarschijnlijk dat er situaties zijn waar de verlaging van de standaardwaarde voor minder maatregelen zorgt.



figuur 15

Gerealiseerde geluidreductie per scenario, uitgesplitst naar grote (oranje) en kleine clusters (blauw).

⁶ We merken op dat de clusters tot 100 objecten bij een standaardwaarde van 52 dB uiteraard niet dezelfde clusters zijn als bij een standaardwaarde van 55 dB. De clustervorming verandert immers in totaliteit doordat de woningen verder van het spoor deel gaan uitmaken van het akoestisch onderzoek. Clusters tot 100 objecten hebben bij standaardwaarde 52 dB gemiddeld een lagere geluidbelasting (omdat ze voor ongeveer de helft uit woningen met minder dan 56 dB bestaan).



figuur 16 *Maatregelkosten per scenario, uitgesplitst naar grote (oranje) en kleine clusters (blauw).*

In figuur 16 is zichtbaar dat er in de clusters met minder dan 100 objecten significante verschillen zijn tussen de scenario's en dat deze kosten ook een fors aandeel van de totale kosten vormen. In figuur 15 zijn de baten voor de cluster tot 100 objecten ook verschillend tussen de scenario's, maar vormen deze een kleiner aandeel in het geheel.

Dit laat zich verklaren door in te zoomen op drie mechanismen waardoor scenario's zich van elkaar onderscheiden.

Het eerste mechanisme heeft betrekking op de vraag welke clusters bepalend zijn voor de verschillen tussen scenario's. Voor de grote clusters zijn de scenario's nauwelijks onderscheidend van elkaar, zowel in kosten als in baten. Daar is in alle scenario's voldoende budget voor maatregelen: er zijn immers veel woningen die budget genereren. Hoe kleiner een cluster, hoe meer onderscheidend de scenario's zijn. De verschillen in toegekend budget zijn daar wél bepalend voor de vraag of en zo ja welke, maatregel wordt getroffen.

Ten tweede geldt dat de kosten per woning in een klein cluster groter zijn dan in een groot cluster. In grotere clusters komt de maatregel immers ten goede aan een groter aantal woningen. Dit sluit aan bij de observatie uit paragraaf 6.5, dat de schermen voor clusters van twintig tot vijftig objecten een belangrijke verklarende factor vormen in de verschillen in kosten tussen scenario's. In die clusters zijn de kosten die per woning aan dat scherm besteed worden hoger dan in de clusters met meer dan vijftig objecten.

Ter derde vormen de totale baten van maatregelen voor kleine clusters, door het kleine aantal woningen, maar een kleine fractie van de totale baten over alle clusters. Als de cluster grootte toeneemt, neemt de lengte van de maatregel, en daarmee de kosten, minder hard toe dan het aantal objecten. Bij een standaardwaarde van 52 dB gaan bovendien meer objecten in de grote clusters vallen. Daardoor leveren de kleine clusters, ondanks dat ze in scenario 2 en 3 een fors aandeel van de kosten voor hun rekening nemen, maar een relatief klein aandeel van de totale baten.

Samengevat: de combinatie van factoren, waarin:

- de kleinere clusters bepalend zijn voor het onderscheid tussen scenario's, én
 - juist in de kleinere clusters hogere kosten per woning worden gemaakt, én
 - de baten voor kleinere clusters slechts een klein deel vormen van de totale baten,
- vormen de verklaring waarom de verschillen in kosten tussen de scenario's groter zijn dan de verschillen in baten.

6.7 Vergelijking met voorgaande onderzoek

In een eerder onderzoek in 2019 [5] is bekeken wat de effecten zijn op de kosten wanneer de reductiepuntencurve voor railverkeer wordt aangepast bij een gelijkblijvende standaardwaarde. Hierbij zijn verschillende scenario's onderzocht, waaronder de scenario's die (behalve de gekozen standaardwaarde) overeenkomen met het huidige scenario 2 en 3. De conclusie uit dat onderzoek was dat de kosten voor beide scenario's toenemen met ongeveer 60%.

In het huidige onderzoek vinden we een kostentoeename in dezelfde orde van grootte.

Dat is contra intuïtief. De extra woningen genereren immers extra budget en je zou dan verwachten dat dit tot hogere kosten voor maatregelen leidt. Dit blijkt echter niet in alle gevallen zo te zijn. Hier is een aantal redenen voor:

- De verlaging van de standaardwaarde zorgt weliswaar voor bijna een verdubbeling van het aantal woningen dat in een akoestisch onderzoek meegenomen wordt, maar dit zijn objecten met (naar verhouding) een lage geluidbelasting. De gemiddelde geluidbelasting voor een cluster van een bepaald aantal objecten ligt daardoor lager bij een lagere standaardwaarde.
- Doordat de extra woningen verder van de weg afliggen worden clusters in het algemeen langer. Hierdoor kan het zijn dat voor kleinere clusters maatregelen niet meer doelmatig zijn omdat de kosten voor de maatregel meer toenemen dan het beschikbare budget.
- Het merendeel van de extra objecten komt uiteindelijk terecht in de grote clusters (> 100 woningen). Deze grote clusters krijgen weliswaar wel veel extra budget, maar daar was het budget al niet bepalend voor het treffen van de maatregel waardoor de toename van kosten hier beperkt is.

Daarnaast is er verschil in aannames en uitgangspunten tussen voorgaande en huidige onderzoek:

- De verdeling van de clustergroottes is anders dan in het vorige onderzoek, door verlaging van de standaardwaarde. De exacte verdeling van clustergroottes in de werkelijkheid is echter onbekend en vormt een forse onzekere factor.
- Voor grote clusters (> 100 objecten) was de aanname dat extra budget niet leidt tot extra maatregelen. Deze aanname blijven we hanteren, mede omdat voor zulke grote clusters te weinig basisdata (in planstudies) beschikbaar is. Daardoor moet nu een extra aanname worden gekozen wat de lagere standaardwaarde voor effect heeft op de kosten voor grote clusters: de clusters en daarmee de maatregelen, worden iets langer, maar er wordt niet voor hogere schermen gekozen. Achterliggende gedachte is dat er voor zulke grote clusters al voldoende budget was om de knelpunten op te lossen en dat meer budget dan niet leidt tot hogere schermen. We hebben onvoldoende data om die aanname te verifiëren, dus dit vormt een extra factor van onzekerheid. Dat wordt versterkt doordat in de clusterverdeling ook is gekozen voor de variant met meer grote clusters.

7 Conclusies

Voor dit rapport is onderzocht wat het effect is op de kosten voor geluidmaatregelen wanneer de standaardwaarde voor railverkeersgeluid wordt verlaagd van 55 dB naar 52 dB. Daarbij zijn drie scenario's (1, 2 en 3) gekozen voor het toedelen van reductiepunten aan objecten afhankelijk van de geluidbelasting.

Kosten en baten

De drie scenario's hebben effect op de kosten voor geluidmaatregelen, zoals weergegeven in tabel XI hieronder. Daarbij is allereerst weergegeven in welke range de toe- of afname van de kosten zal liggen; deze range geeft weer wat de bandbreedte is van de resultaten wanneer we variëren met de uitgangspunten. Daarna is het resultaat gegeven van de variant die we als voorkeursvariant hebben bestempeld. Dat is de variant met de uitgangspunten die we met de op dit moment beschikbare informatie het meest waarschijnlijk achten. Op basis van deze variant concluderen we:

- Een lagere standaardwaarde leidt op zich niet tot méér kosten voor doelmatige maatregelen. Dat is pas het geval als er ook significant méér reductiepunten worden toegekend. In scenario 2 en 3 is dat het geval, in scenario 1 niet.
- Scenario 2, met de toedeling van reductiepunten die het meest lijkt op die van wegverkeer, leidt tot een toename van kosten voor doelmatige maatregelen, maximaal ongeveer een verdubbeling.
- De maatregelkosten voor Scenario 3 bevinden zich ongeveer halverwege Scenario 1 en Scenario 2; de toename van kosten is maximaal ongeveer een factor 1,5.

Hieronder gaan we nader in op de uitgangspunten en de onzekerheden daarin.

tabel XI

Toename van de kosten voor geluidmaatregelen in verhouding tot scenario 0

scenario	standaardwaarde	varianten clusterverdeling	
		range	voorkeursvariant
Scenario 0	55 dB	100%	100%
Scenario 1	52 dB	64% - 100%	97%
Scenario 2		129% - 208%	180%
Scenario 3		104% – 155%	144%

In de scenario's waar de kosten toenemen, worden méér raildempers aangebracht in alle clusters, en meer schermen voor de grote clusters (> 50 woningen). Voor de kleine clusters worden daarentegen minder schermen toegepast dan in de huidige situatie (Scenario 0).

Alle drie de scenario's leiden tot extra baten, in de vorm van vermindering van de geluidbelasting. Dat geldt voornamelijk voor de woningen tussen 53 dB en 55 dB, die tot op heden niet beschermd zijn. Een nuancering daarbij is dat deze woningen ook in de huidige situatie deels wel al impliciet kunnen meeprofiteren van maatregelen die al voor hoger belaste woningen worden getroffen.

De scenario's zijn onderling meer onderscheidend naarmate de geluidbelasting lager is en naarmate clusters kleiner zijn. Dat geldt voor zowel de kosten als de baten. Het toegekende budget is bij afnemende cluster grootte namelijk in toenemende mate bepalend voor de vraag of, en zo ja welke, maatregel getroffen wordt. Daar komt bij dat de gemiddelde kosten per woning hoger worden naarmate clusters minder woningen bevatten. De baten van kleinere clusters vormen daarentegen slechts een klein deel van de totale baten, wederom vanwege het lage aantal

woningen. Deze combinatie van factoren verklaart waarom de kosten en baten niet gelijk oplopen bij onderlinge vergelijking van de scenario's. Als de scenario's naar oplopend budget worden gerangschikt, nemen de kosten meer toe dan de baten. De verschillen in kosten tussen de scenario's zijn dus groter dan de verschillen in de baten.

Effecten verlagen standaardwaarde

Het verlagen van de standaardwaarde van 55 dB naar 52 dB geeft de volgende effecten:

- Er komt een groot aantal objecten bij in het maatregelonderzoek. Het totale aantal objecten dat wordt meegenomen wordt ongeveer verdubbeld (92% extra woningen).
- Door die extra objecten verandert de indeling van clusters, waardoor maatregelen worden afgewogen voor grotere groepen objecten tegelijkertijd:
 - Een deel van de "bestaande" clusters, die er zouden zijn bij een standaardwaarde 55 dB, wordt groter (langer) doordat er extra objecten bij komen in het cluster.
 - Een deel van de bestaande clusters wordt samengevoegd: twee clusters die bij elkaar in de buurt lagen worden samen één groot cluster.
 - Het verschijnen van nieuwe clusters met een geluidbelasting van 53 tot 55 dB lijkt weinig voor te komen.
 - De meeste nieuwe woningen komen erbij in de grote clusters (> 100 objecten). Deze categorieën zijn vooral verantwoordelijk voor de toename van het aantal objecten.
 - Het totale aantal clusters wordt kleiner.

Er is dus een groot effect van de verlaging van de standaardwaarde op de clusterverdeling. De clusters krijgen vanwege een lagere standaardwaarde andere karakteristieken; clusters worden in het algemeen groter. Clusters van een bepaalde omvang krijgen een lagere gemiddelde geluidbelasting, doordat ongeveer de helft van een cluster uit woningen bestaat met een geluidbelasting van lager dan 56 dB. Dat, in combinatie met het gegeven dat clusters langer worden, heeft een belangrijk dempend effect heeft op de hoeveelheid doelmatige maatregelen die getroffen wordt: de kosten voor geluidmaatregelen nemen minder hard toe dan het beschikbare budget aan reductiepunten.

Verschillen tussen scenario's

Voor scenario 1 is het aantal extra reductiepunten ten opzichte van het huidige DMC beperkt; enkel bij de geluidbelastingen onder 55 dB wordt een klein aantal reductiepunten toegekend. Het feit dat maatregelen wel duurder worden, omdat de clusterlengte groter wordt, zorgt ervoor dat maatregelen minder snel doelmatig zijn. Het resultaat is dat scenario 1 gelijkwaardige kosten oplevert als in de huidige situatie, ondanks de lagere standaardwaarde. De simulaties geven aan dat er in scenario 1 vooral in de kleinere clusters maatregelen wegvallen, die onder de huidige wetgeving nog wel doelmatig zijn. Nuancering daarbij is dat er in de praktijk in dergelijke onderzoeken nog sprake zal zijn van maatwerk, bijvoorbeeld door een korter scherm te overwegen. Te verwachten is dat dit effect in de praktijk kostenverhogend zal werken op scenario 1.

Voor scenario's 2 en 3 is het aantal reductiepunten dat wordt toegekend aanzienlijk hoger dan in het huidige DMC, voor alle geluidbelastingen. Scenario 2 is daarbij ruimhartiger dan scenario 3. Deze scenario's leiden voor zowel de kleine als de grote clusters tot evenveel of meer maatregelen dan in de huidige regelgeving.

In het vorige onderzoek uit 2019 zijn vergelijkbare scenario's onderzocht, dat wil zeggen de toekenning van de reductiepunten was hetzelfde, maar de standaardwaarde bleef in dat onderzoek op 55 dB. Een vergelijking met dat onderzoek leert dat ook voor deze scenario's het verlagen van de standaardwaarde op zichzelf niet leidt tot wezenlijk meer maatregelen. Alleen voor scenario 2 is er wel enige toename van de maatregelkosten als gevolg van de lagere standaardwaarde. Het verschil tussen de scenario's 2 en 3 is groter dan bij de vergelijkbare scenario's met een standaardwaarde 55 dB. De extra maatregelkosten bij scenario 2 en 3 komen vooral ten goede aan de clusters met een maximale geluidbelasting tot 61 dB. Scenario 2 levert daarbij nog extra

maatregelkosten op met name bij de laagste geluidbelastingen tot 56 dB en dan met name bij de kleine clusters (< twintig woningen).

Onzekerheden

Het onderzoek kent een aantal onzekerheden, wat leidt tot een zekere bandbreedte rondom de resultaten. De rangschikking van de scenario's onderling geeft een consistent beeld: scenario 2 is in alle gevallen het duurst, scenario 3 is ook duurder dan scenario 0 en scenario 1 levert gelijkwaardige kosten aan scenario 0. De omvang van de verschillen is echter tamelijk sterk afhankelijk van de verdeling van clustergroottes. De exacte clusterverdeling bij een standaardwaarde 52 dB is echter onbekend; er zijn te weinig data om dit betrouwbaar te kunnen vaststellen. Daarom is een aantal verschillende varianten aangenomen, wat resulteert in een extra bandbreedte rondom de resultaten. Scenario 2 is 30% tot 110% duurder dan scenario 0 en scenario 3 is 5% tot 55% duurder, zie tabel XI.

Ook voor de andere aannames in het model is een bandbreedteanalyse uitgevoerd. De resultaten wijzen niet een bepaalde kant op; de gekozen aannames lijken een goed beeld te geven van het gemiddelde. De spreiding van resultaten door de andere parameters is ook van wat mindere orde dan die door de onzekerheid in de clusterverdeling.

Een eventueel vervolgonderzoek zou zich dan ook moeten richten op het verkleinen van die onzekerheid. Wat in dit onderzoek ook niet is meegenomen, is de mate waarin bij de maatregelafweging in projecten maatwerk plaatsvindt. Voor lange clusters met variërende woningdichtheid, bijvoorbeeld, zal in de praktijk wellicht gekozen worden voor een scherm dat korter is dan het gehele cluster, of voor een variërende schermhoogte. Dergelijke keuzes hangen mede af van de ontwerpvisie van de beheerder en laten zich in dit gestandaardiseerde onderzoek moeilijk simuleren. In de situaties waarin de kleine en middelgrote clusters in de gestandaardiseerde simulaties maatregel niet doelmatig zijn, kan dan in de praktijk een korter scherm wel worden toegepast.

8 Referenties

- [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 Lnight in wettelijk kader', M+P.MIW.18.02.1 revisie 2, 21 februari 2019;
- [5] 'Opties om de dosis-effectrelaties te verwerken in het doelmatigheidscriterium', M+P.MIW.19.01.6 revisie 1, 28 augustus 2019