

32/446(540) 2^e ex

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Maatregelen voor geluidhinder op recreatieterreinen

Een literatuuronderzoek

**C.M. Goossen
F. Langers**

Rapport 540

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997

26 JUNI 1997



isn g42020

REFERAAT

Goossen, C.M. en F. Langers, 1997. *Maatregelen voor geluidhinder op recreatieterreinen; een literatuuronderzoek*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 540. 90 blz.; 4 fig.; 18 tab.; 1 bijl.

Het compensatiebeginsel voor grootschalige recreatiegebieden is nader uitgewerkt. Via literatuuronderzoek zijn de effecten van geluidhinder op recreanten in kaart gebracht. Op basis hiervan zijn per recreatieactiviteit geluidsniveaurichtlijnen onderscheiden. De meest effectieve geluidsreducerende maatregelen zijn lokale maatregelen aan de bron en in de overdrachtssfeer. Als het geluidsniveau van de uitgangssituatie hiermee niet wordt bereikt, moeten fysieke maatregelen getroffen worden, waarbij geen nettoverlies in areaal en kwaliteit mag optreden. De onderscheiden richtlijnen vormen de leidraad bij het bepalen van het kwaliteitsniveau. Als fysieke compensatie niet mogelijk is, moet de initiatiefnemer van de ingreep financieel compenseren.

Trefwoorden: geluidsnorm, lawaai, openluchtrecreatie

ISSN 0927-4499

©1997 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	15
1.1 Achtergrond en aanleiding	15
1.2 Probleemstelling	16
1.3 Werkwijze	17
1.4 Opbouw van het rapport	18
2 Effecten van geluidhinder	19
2.1 Definitie van geluidhinder	19
2.2 Effecten van geluid op de mens	19
2.3 Effecten van geluid op de recreant	21
3 Normen voor geluidhinder voor recreatie	27
3.1 Bestaande maten en normen	27
3.2 Mogelijke maten en normen voor recreatie	29
3.2.1 Indeling van Jurriëns	30
3.2.2 Circulaire geluidhinder voor recreatie	34
4 Mitigerende maatregelen	37
4.1 Inleiding	37
4.2 Bestrijding van het geluid aan de bron	37
4.2.1 Wegverkeer	37
4.2.1.1 Maatregelen aan voertuigen	38
4.2.1.2 Maatregelen aan de weg	39
4.2.1.3 Verkeersplannen op lokaal niveau	41
4.2.2 Railverkeer	43
4.2.3 Vliegverkeer	45
4.2.3.1 Maatregelen aan vliegtuigen	45
4.2.3.2 Vliegverkeersplannen	46
4.3 Maatregelen in het gebied tussen bron en ontvanger	48
4.3.1 Weg- en railverkeer	49
4.3.1.1 Afstand tussen bron en ontvanger	49
4.3.1.2 Geluidbeperkende voorzieningen	52
4.3.2 Vliegverkeer	60
4.4 Afscherming bij de ontvanger	61
4.5 Overzicht mitigerende maatregelen, effecten en kosten	62
5 Het compensatiebeginsel	67
5.1 Toepassing van het compensatiebeginsel	67
5.2 Financiële compensatie	68
5.3 Fictief voorbeeld van fysieke of financiële compensatie	70
6 Discussie en aanbevelingen	77
6.1 Effecten, kwaliteiten en normen	77

6.2 Mitigerende maatregelen	78
6.3 Financiële compensatie	80
6.4 Aanbevelingen	81
Literatuur	83

Woord vooraf

De LNV-beleidsdirectie Groene Ruimte en Recreatie (GRR) heeft urgente behoefte aan normen voor geluidhinder voor toepassing van het compensatiebeginsel bij groot-schalige openbare recreatievoorzieningen. De directie GRR heeft DLO-Staring Centrum daarom opdracht gegeven om een literatuuronderzoek uit te voeren naar de relatie tussen recreatie en geluidhinder. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van programma 272.

Veel dank is verschuldigd aan drs. A.P. Blok van GRR voor zijn kritische opmerkingen en aan J.F.A. Lous van DLO-Staring Centrum voor allerhande werkzaamheden. Tevens willen wij alle geïnterviewde deskundigen bedanken voor hun bijdragen.

Samenvatting

Het kabinet hecht veel belang aan het duurzaam behoud en herstel van natuur-, bos- en recreatiewaarden. Daarom is in het Structuurschema Groene Ruimte (SGR) voor deze functies in bepaalde gebieden een zware planologische bescherming opgenomen. Het SGR noemt de categorieën waarvoor het compensatiebeginsel van toepassing is. Indien besloten wordt tot een ingreep en mitigatie onvoldoende oplossing biedt, dan geldt voor deze categorieën het uitgangspunt: geen netto-verlies aan natuur- of recreatiewaarden, zowel in oppervlakte als in kwaliteit. Noch in het SGR als in de notitie 'Uitwerking compensatiebeginsel SGR' zijn normen vastgelegd voor zowel de maximaal toelaatbare geluidsoverschrijding als voor de toepassing van het compensatiebeginsel in termen van fysieke en financiële compensatie. De LNV-beleidsdirectie Groene Ruimte en Recreatie heeft urgente behoefte aan genoemde normen voor toepassing van het compensatiebeginsel bij grootschalige openbare recreatievoorzieningen. Aan de basis van deze normenbepaling staat het inzicht in de kwaliteitsvermindering die recreanten als gevolg van geluidhinder ervaren.

De initiatiefnemer van de ingreep dient inzichtelijk te maken hoe hij invulling aan het compensatiebeginsel geeft. In zijn voornemen dient de initiatiefnemer verschillende alternatieven uit te werken. De besluitnemer dient op de hoogte te zijn van de mogelijke mitigerende en compenserende maatregelen, hun effecten en kosten. Pas dan zal hij de verschillende alternatieven die de initiatiefnemer heeft opgesteld, kritisch kunnen analyseren op uitvoeringsgehalte.

De probleemstelling van dit onderzoek wordt onderverdeeld in de volgende drie vragen:

- Welke effecten van geluidhinder kunnen onderscheiden worden voor recreanten in grootschalige openbare recreatievoorzieningen? Welke recreatieve kwaliteiten worden aangetast? Welke normen (t.a.v. geluidsoverschrijding) kunnen op basis hiervan opgesteld worden ten aanzien van het al dan niet toepassen van het compensatiebeginsel?
- Welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk? Wat zijn de effecten daarvan? Wat zijn de kosten daarvan?
- Welke benaderingswijzen kunnen hierop worden gebaseerd voor fysieke compensatie van gebieden met recreatieve functies? Wanneer fysieke compensatie niet voldoet, hoe dient de kwaliteitsvermindering zich dan te vertalen in financiële compensatie (uitgedrukt in bedragen)?

De vraagstellingen in de probleemstelling zijn enerzijds beantwoord op basis van een kritische beschouwing van de literatuur en anderzijds op basis van gesprekken met deskundigen. In Agralin (bibliotheek van DLO en LUW) zijn 282 titels met betrekking tot geluidhinder gevonden en geraadpleegd.

Hinder van geluid

Geluidhinder wordt omschreven als elk ongewenst geluid, dat fysiologisch spanningsverwekkend is, subjectief als irriterend wordt ervaren en/of een negatief effect heeft op het verrichten van prestaties. Uit de literatuur blijkt dat geluid een grote invloed heeft op de psyche van de mens en ons kan hinderen. Plotseling optredende of onregelmatige geluiden schijnen daarbij meer te hinderen dan regelmatige geluiden waaraan men kan wennen. Ook geluiden met veel hoge tonen schijnen meer te hinderen dan geluiden welke voornamelijk uit lage tonen bestaan. Het geluid kan het gehoororgaan onherstelbaar beschadigen indien dit een lange tijd wordt blootgesteld aan een geluidsniveau van hoger dan 80 dB(A). Uit een onderzoek onder een representatieve steekproef uit de Nederlandse bevolking blijkt dat de verkeersmiddelen de meeste hinder veroorzaken. Dit geldt met name voor (in afnemende volgorde) bromfietsen, personenauto's, motorfietsen, vrachtauto's, bestelauto's, helikopters en militaire vliegtuigen.

Voor recreatie zijn geen normen maar voor woongebieden wel. De Wet geluidhinder stelt dat bij een gemiddeld geluidsniveau buiten van 50 dB(A) overdag en 40 dB(A) 's nachts een vrij goede woonsituatie in stedelijke gebieden gegarandeerd is. Vastgesteld is dat boven de 75 dB(A) ondraaglijke c.q. schadelijke hinder ontstaat. Het maximaal toelaatbare etmaalequivalent voor spoorweglawaai is in het algemeen 60 dB(A), nabij stations is dit 65 dB(A). Een aanbeveling uit een onderzoek naar vliegtuiglawaai luidt dat ter bescherming van het leefmilieu in woongemeenschappen rond vliegvelden, de lawaai-belasting niet de grens van 20 KE mag overschrijden, terwijl meestal 35 KE wordt aangehouden.

Er blijken minder klachten en hinder te zijn naarmate mensen naar eigen inschatting meer mogelijkheden hebben om de oorzaak van het lawaai zelf te kunnen beïnvloeden. Dit is een belangrijke conclusie voor de recreatie. De recreatieactiviteiten die worden ondernomen hebben een vrijwillig karakter. De recreanten kunnen derhalve zelf een inschatting maken van de mogelijke geluidbelasting. Het gebied waar de recreatieactiviteit wordt ondernomen kan echter door de aanwezigheid van geluid minder aantrekkelijk worden gevonden. Uit een onderzoek blijkt dat 25% van de Nederlandse bevolking wel eens last heeft van lawaai en dat 16% om die reden wel eens plekken mijdt.

Onderzoek naar normen voor recreatie

Uit een onderzoek naar de relatie tussen recreatie en geluidhinder door vliegtuigbewegingen blijkt dat de gesignaleerde geluidhinder zonder meer de kwaliteit van de recreatieve ervaring vermindert en dat een toename van het aantal vliegtuigbewegingen ook de hinder aanzienlijk zal versterken. Uit een onderzoek onder verblijfsrecreanten blijkt dat 50% hinder ondervindt van vliegtuiglawaai, met name overdag. Deze hinder is groter dan de hinder van wegverkeerslawaai.

Uit een onderzoek naar de beoordeling van de sterkte van het geluid van verkeerswegen blijkt dat deze niet per definitie parallel loopt aan de ervaring van hinder. Andere kwaliteitsindicatoren zoals veiligheid en verkeersdruk, landschappelijke schoonheid en toegankelijkheid van gebieden zijn eveneens van belang bij de recreatieve ervaring.

Uit met name Amerikaans onderzoek blijkt dat zelfs bij een geluidsniveau van minder dan 40 dB(A), voor een substantieel deel van de recreanten de natuurlijke rust wordt verstoord, en het geluid als hinderlijk wordt ervaren. Daarbij is de tijdsduur van de recreatie-activiteit essentieel. Dit betekent dat er een verschil in ervaren geluidhinder kan bestaan tussen de verschillende recreatievormen en er dus verschillende normen zouden moeten worden opgesteld.

Jurriëns (1977) heeft voor geluidhinder van wegverkeer een gevoeligheidsstabel (tabel 6) voor recreatievoorzieningen opgesteld. Op basis van dezelfde systematiek die Jurriëns heeft ontwikkeld, heeft het ministerie van VROM een concept-circulaire gemaakt. In deze circulaire aan gemeenten en provincies wordt uiteengezet welke mogelijkheden er zijn om recreanten tegen geluidhinder van wegverkeer te beschermen. Deze circulaire heeft nog steeds de status van concept en is derhalve niet verspreid.

In deze circulaire worden richtwaarden ten aanzien van de openluchtrecreatie gegeven. Een richtwaarde is een kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgesteld. Richtwaarden dienen te worden beschouwd als inspanningsverplichting. Het wordt aanbevolen de richtlijn te gebruiken bij:

- de aanleg of wijziging van een openluchtrecreatievoorziening;
- de aanleg of reconstructie van een weg of een spoorweg voorzover er een openluchtrecreatieve voorziening in het invloedsgebied van deze (spoor)weg ligt;
- bij het gebruik van een gebied met recreatie als belangrijke nevenfunctie.

In de circulaire worden de volgende categorieën openluchtrecreatieactiviteiten onderscheiden met de volgende richtwaarden:

- activiteiten die zeer geluidsgevoelig zijn (natuur- en landschapsbeleving), met een richtwaarde van 35 dB(A);
- activiteiten die geluidsgevoelig zijn (verblijfsrecreatie en rustige vormen van dagrecreatie), met een richtwaarde van 45dB(A);
- activiteiten die matig geluidsgevoelig zijn (matig rustige vormen van dagrecreatie), met een richtwaarde van 55 dB(A).

Mitigerende maatregelen bij geluidhinder

Het compensatiebeginsel vereist dat bij een ingreep de ontstane schade in eerste instantie via mitigerende maatregelen bestreden moet worden. Drie categorieën mitigerende maatregelen kunnen onderscheiden worden. Dit zijn bestrijding van het geluid aan de bron, bestrijding van het geluid in het gebied tussen bron en ontvanger, ofwel in de overdrachtssfeer en tot slot bestrijding van het geluid bij de ontvanger. Op lange termijn is de meest effectieve methode van geluidsbestrijding het reduceren van het geluid dat de bron produceert. De bronnen die de meeste hinder in recreatiegebieden kunnen veroorzaken, zijn het weg-, rail- en vliegverkeer.

Maatregelen aan het wegverkeer zijn te onderscheiden in maatregelen aan de voertuigen (motorgeluid, rolgeluid en de carrosserie), maatregelen aan de weg (vervangen klinkers door asfalt, vervangen asfalt door zeer open asfaltbeton (ZOAB), laten verzinken van het wegtraject) en het opstellen van lokale verkeersplannen

(aanhouden lagere maximumsnelheid, verlaging percentage vrachtverkeer, verlaging verkeersintensiteit, verminderen aantal verkeersinstallaties). De meest effectieve bronmaatregelen bij recreatiegebieden zijn het toepassen van ZOAB met het laten verzinken van het wegtraject. Andere maatregelen voor het weg-, rail- en vliegverkeer zijn moeilijk te nemen, omdat deze vaak alleen in internationaal verband zijn af te dwingen.

Geluidsbeperking in de overdrachtssfeer geeft meer mogelijkheden. Hoe groter de afstand is van een weg of spoor tot een recreatiegebied, des te zwakker is het geluidsniveau. Het geluid van het verkeer verspreidt zich in de ruimte en wordt onderweg steeds zwakker door afstandsverzwakking, luchtdemping, bodemdemping en vegetatiedemping. Bij weg- en railverkeer bedraagt de afstandsverzwakking 10 dB(A) op 10 meter en telkens 3 dB(A) bij verdubbeling van de afstand. De luchtdemping is gering en frequentie- en weersafhankelijk. Ze is over afstanden van enkele honderden meters verwaarloosbaar ten opzichte van de afstandsverzwakking. Voor verkeerslawaai bedraagt de luchtdemping de eerste 200 meter ongeveer 1 dB(A) per 100 meter en vervolgens zo'n 0,5 dB(A) per 100 meter. De weg of rail kan het beste gesitueerd worden in de nabijheid van een zachte bodem of in de nabijheid van oneffenheden om het meeste effect van bodemdemping te hebben. De meest gunstige vegetatiedemping is een bos waarbij hoge bomen afgewisseld zijn met lage bomen en struiken. Op deze wijze ontstaat op alle niveaus boven het maaiveld tot en met de boomkruin geluiddempende werking. Uit meetresultaten blijkt dat het boseffect op 100 tot 300 meter van een weg tussen de 4 en 16 dB(A) ligt. Op afstanden van 300 meter of meer van de weg neemt het boseffect niet of nauwelijks meer toe en in sommige gevallen zelfs weer af.

Om het geluidsniveau tussen bron en ontvanger te reduceren, kunnen geluidsbeperkende constructies geplaatst worden. Tot de geluidsbeperkende constructies worden aarden wallen en geluidsschermen gerekend. Met betrekking tot de effecten moet voorop worden gesteld, dat een geluidsbeperkende constructie nooit als enige factor werkt bij de reductie van het geluidsniveau. Andere factoren, zoals bodemgesteldheid, wind- en temperatuurgradiënt spelen steeds een rol. Medebepalend zijn voorts de afstand van de constructie tot de lawaaibron, de hoogte ervan en de mate van reflectie en absorptie. Voor een zo groot mogelijk effect moeten wallen of schermen of dicht bij de bron of dicht bij de ontvanger worden aangelegd. In het praktische geval van geluidsreductie op een grootschalige openbare recreatievoorziening zal de geluidwering dus dicht bij de bron moeten worden gesitueerd.

De laatste tien jaar zijn veel groene geluidsbeperkende voorzieningen ontwikkeld. De maatschappelijke acceptatie van deze constructiesoorten is vele malen groter vanwege het groene en levende karakter dan de conventionele betonnen en aluminium schermen. De landschappelijke inpasbaarheid van deze groene geluidsbeperkende voorzieningen in grootschalige recreatiegebieden is dan ook groot. De vele typen hebben allemaal een geluidsisolatie van circa 25 dB(A).

Bestrijding van het geluid bij de ontvanger heeft voor grootschalige recreatiegebieden weinig effect, aangezien de ontvanger in de openlucht aanwezig is. Wel is afscherming bij de ontvanger mogelijk via de zonering van functies. Uitgaand van

de geluidsgevoeligheid van functies moeten de minst extensieve en minst geluidsgevoelige functies het dichtst bij de geluidsbron liggen. Hierdoor kan de relatieve stilte op enige afstand van de verkeersverbinding behouden blijven, zodat alle recreanten daar op hun tijd van kunnen genieten. Dit betekent niet dat het gros van de bezoekers op een bepaald moment (omdat zij in het dichtst bij de bron gelegen gebied vertoeven) een aanzienlijke mate van geluidshinder voor lief moeten nemen. Want als er in het meest intensief gebruikte deel sprake is van een (te) hoge geluidbelasting dan dient de zonering gecombineerd te worden met aanvullende maatregelen.

Berekeningswijze financiële compensatie

Uitgangspunt van het compensatiebeginsel is het opheffen van de negatieve effecten van een ingreep op een zodanige wijze dat sprake is van geen netto-verlies aan areaal en kwaliteit. Concreet houdt dit in dat ontstane geluidsniveaus in grootschalige openbare recreatievoorzieningen als gevolg van de aanleg van wegen, spoorlijnen en vliegroutes teruggebracht moeten worden tot de niveaus die voor aanleg golden. Het terugbrengen van de geluidsniveaus dient in eerste instantie bereikt te worden via mitigerende maatregelen. Indien deze geluidsbeperkende maatregelen onvoldoende effect hebben, dan dienen tevens compenserende maatregelen in fysieke vorm in de directe omgeving te worden genomen. Wanneer compensatie in de directe omgeving redelijkerwijs niet of niet voldoende mogelijk is of leidt tot onaanvaardbare procedurele vertragingen, dan is volgens het Structuurschema Groene Ruimte compensatie elders of in geld aanvaardbaar. De financiële compensatie dient tezamen met de toeslag voor fysieke compensatie in het Groenfonds gestort te worden. Voor recreatiegebieden is dit totale bedrag aldus 1 1/3 deel van de financiële compensatie.

Bij de toepassing van de financiële compensatie is het van belang om inzicht te krijgen in de bepaling van de hoogte van het geldbedrag. In dit onderzoek is hiervoor een redeneerlijn opgesteld. Uitgangspunt is nog steeds geen netto-verlies aan areaal en kwaliteit. Het areaal van een recreatiegebied is meestal bekend, maar de kwaliteit niet. Om de kwaliteit te kunnen bepalen, wordt uitgegaan van de gemiddelde geluidskwaliteit van de voorzieningen in het recreatiegebied. Als richtwaarden wordt de indeling van Jurriëns gebruikt (tabel 6). Daarmee samenhangend zijn rapportcijfers opgesteld.

De geluidskwaliteitscore wordt berekend door het, met de geluidzones samenhangende rapportcijfer, te vermenigvuldigen met het aantal meters of oppervlakte van een recreatievoorziening. De totale geluidskwaliteitscore gedeeld door de totale lengte of oppervlakte van de voorziening leidt tot een gemiddelde geluidskwaliteitscore. Dit is dus de uitgangssituatie die gecompenseerd moet worden na de ingreep.

Op basis van de richtwaarden en de rapportcijfers kan berekend worden hoeveel km of ha extra van een voorziening nodig zijn om na de ingreep weer dezelfde gemiddelde geluidskwaliteitscore te krijgen. In de meeste gevallen zal dit gepaard gaan met het aankopen van gronden, omdat de geluidzones met de ingreep verschoven zijn en de nieuwe geluidsarmer gebieden dus verder van de ingreep verwijderd zijn.

De financiële compensatie bestaat derhalve uit een berekening van de volgende kosten:

- de grondprijs van het aantal ha nieuw te verwerven grond op basis van de grootte van het oorspronkelijke, maar aangetaste gebied;
- de inrichtingskosten van de nieuw gekochte grond;
- de herinrichtingskosten van het bestaande recreatiegebied;
- eenderde van deze kosten als gevolg van de kwalitatieve ophoogfactor.

Op deze wijze kan per recreatiegebied en per recreatievoorziening die in het recreatiegebied ligt en die door de ingreep wordt aangetast, een berekening gemaakt worden voor de kosten van een fysieke of financiële compensatie.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Het kabinet hecht veel belang aan het duurzaam behoud en herstel van natuur-, bos- en recreatiewaarden. Daarom is in het Structuurschema Groene Ruimte (SGR) (Ministerie van LNV, 1995) voor deze functies in bepaalde gebieden een zware planologische bescherming opgenomen. Deze zware planologische bescherming komt naar voren in het compensatiebeginsel. In het SGR zijn de uitgangspunten en hoofdlijnen ten aanzien van het compensatiebeginsel uiteengezet. Deze uiteenzetting geeft in algemene zin aan hoe het principe moet worden toegepast.

Het SGR noemt de categorieën waarvoor het compensatiebeginsel van toepassing is. Indien besloten wordt tot een ingreep en mitigatie onvoldoende oplossing biedt, dan geldt voor deze categorieën het uitgangspunt: geen netto-verlies aan natuur- of recreatiewaarden, zowel in oppervlakte als in kwaliteit. Compensatie vindt in beginsel plaats 'in natura' en niet in geld en in eenzelfde type recreatievoorziening met een vergelijkbaar inrichtingsniveau en zoveel mogelijk nabij het betreffende gebied. Compensatie is daarnaast ook aan de orde bij ingrepen buiten de in het SGR genoemde categorieën, die van directe invloed zijn op waarden binnen die gebieden, bijvoorbeeld in geval van geluidsoverlast in recreatiegebieden.

Het kabinet zal uiterlijk 1 januari 1998 een besluit nemen over de eventuele wettelijke verankering van het compensatiebeginsel. Dit besluit wordt mede gebaseerd op een evaluatie van de toepassing van het compensatiebeginsel. Tot die tijd vindt de verankering plaats via het Structuurschema Groene Ruimte, waarbij alleen voor het rijk, als initiatiefnemer, een verplichting bestaat om het compensatiebeginsel toe te passen.

In de praktijk is het compensatiebeginsel onder meer toegepast bij de Betuweroute, HSL, vijfde baan Schiphol, RW-73 en ROM-Rijnmond. Bij de verschillende betrokken partijen van deze projecten zijn vragen opgekomen ten aanzien van de invulling van het compensatiebeginsel. Om deze reden is door de ministeries van LNV en VROM de notitie 'Uitwerking compensatiebeginsel SGR' opgesteld over de toepassing van het compensatiebeginsel in de praktijk. Hierin is van het compensatiebeginsel nader uiteengezet.

Noch in het SGR als in de notitie 'Uitwerking compensatiebeginsel SGR' zijn normen vastgelegd voor zowel de maximaal toelaatbare geluidsoverschrijding als voor de toepassing van het compensatiebeginsel in termen van fysieke en financiële compensatie. De LNV-beleidsdirectie Groene Ruimte en Recreatie heeft urgente behoefte aan genoemde normen voor toepassing van het compensatiebeginsel bij grootschalige openbare recreatievoorzieningen. Aan de basis van deze normenbepaling staat het inzicht in de kwaliteitsvermindering die recreanten als gevolg van geluidhinder ervaren.

Indien de vast te stellen maximaal toelaatbare geluidsoverschrijding overschreden wordt, dan dient het compensatiebeginsel te worden toegepast. De initiatiefnemer is verantwoordelijk voor een goede toepassing. Hij dient inzichtelijk te maken hoe hij invulling aan het compensatiebeginsel geeft. In zijn voornemen dient de initiatiefnemer verschillende alternatieven uit te werken. Op basis van deze uiteenzetting wordt veelal een concreet besluit genomen over de invulling van het compensatiebeginsel in de praktijk.

De besluitnemer dient op de hoogte te zijn van de mogelijke mitigerende en compenserende maatregelen, hun effecten en kosten. Pas dan zal hij de verschillende alternatieven die de initiatiefnemer heeft opgesteld, kritisch kunnen analyseren op uitvoeringsgehalte. Op basis van deze analyse is de besluitnemer vervolgens in staat weloverwogen een concreet besluit te nemen voor één bepaald alternatief. Inzicht in de mogelijke mitigerende en compenserende maatregelen, hun effecten en kosten is dus eveneens van belang.

1.2 Probleemstelling

Dit onderzoek probeert inzicht te verkrijgen in de effecten van geluidhinder op de, door de recreant ervaren, kwaliteit van grootschalige recreatiegebieden. Eveneens worden mitigerende maatregelen om geluidhinder tegen te gaan beschreven, hun effecten en kosten. Doel daarbij is enerzijds het compensatiebeginsel nader invulling te geven met opgestelde normen voor compensatie van grootschalige recreatievoorzieningen en anderzijds toe te kunnen zien op een concrete toepassing van het compensatiebeginsel door de initiatiefnemer.

De probleemstelling van dit onderzoek wordt onderverdeeld in de volgende drie vragen:

- Welke effecten van geluidhinder kunnen onderscheiden worden voor recreanten in grootschalige openbare recreatievoorzieningen? Welke recreatieve kwaliteiten worden aangetast? Welke normen (t.a.v. geluidsoverschrijding) kunnen op basis hiervan opgesteld worden ten aanzien van het al dan niet toepassen van het compensatiebeginsel?
- Welke mitigerende maatregelen zijn mogelijk? Wat zijn de effecten daarvan? Wat zijn de kosten daarvan?
- Welke benaderingswijzen kunnen hierop worden gebaseerd voor fysieke compensatie van gebieden met recreatieve functies? Wanneer fysieke compensatie niet voldoet, hoe dient de kwaliteitsvermindering zich dan te vertalen in financiële compensatie (uitgedrukt in bedragen)?

1.3 Werkwijze

Dit onderzoek beperkt zich tot geluidhinder in grootschalige openbare recreatievoorzieningen. Voor het compensatiebeginsel worden grootschalige recreatievoorzieningen omschreven als:

- vanwege hun maatschappelijke betekenis uitsluitend die recreatiegebieden die zich kenmerken door een grote omvang en/of een hoge intensiteit van kapitaal-investeringen door de overheid en/of een hoge gebruiksintensiteit én die in een streek- of bestemmingsplan een recreatieve bestemming hebben gekregen (omvang is minimaal 250 ha),
- recreatiegebieden met een hoge actuele gebruikswaarde (minimaal 400 000 bezoekers op jaarbasis) of een hoog kapitaalinvesteringsniveau van de overheid (minimaal 10 miljoen gulden).

In 1994 is een lijst opgesteld van recreatiegebieden die op grond hiervan onder het compensatiebeginsel vallen. In totaal gaat het vooralsnog om 47 recreatiegebieden die ongeveer 20% van het totaal aan recreatiegebieden in Nederland vormen. Periodiek wordt de lijst herzien.

Bij de normbepaling ten aanzien van maximaal toelaatbare geluidsoverschrijding zijn zowel dagrecreatieve activiteiten als verblijfsrecreatie in het onderzoek betrokken. Binnen de dagrecreatie is onderscheid gemaakt tussen plaatsgebonden en routegebonden activiteiten, omdat verondersteld wordt dat een plaatsgebonden activiteit een andere geluidsbeleving kan opleveren dan een routegebonden activiteit.

De vraagstellingen in de probleemstelling zijn enerzijds beantwoord op basis van een kritische beschouwing van de literatuur en anderzijds op basis van gesprekken met deskundigen. In Agralin (bibliotheek van DLO en LUW) zijn 282 titels met betrekking tot geluidhinder gevonden en geraadpleegd. Hierbij is gezocht naar titels van rapporten en artikelen vanaf het woord 'geluid' tot aan het woord 'geluidzones', zowel in het Nederlands als in andere talen. De oudste publicatie komt uit 1932.

Tot de deskundigen zijn die personen gerekend die in een eerder stadium onderzoek op het gebied van geluidsbeleving en (normen voor) geluidhinder uitgevoerd hebben.

De literatuurstudie is in eerste instantie gericht op geluidhinder, zoals deze aan de orde wordt gesteld in de verschillende beleidsnota's (bijvoorbeeld SGR) én in de Wet Geluidhinder. Daarnaast zijn reeds uitgevoerde onderzoeken geanalyseerd op hun informatiegehalte ten aanzien van beantwoording van de probleemstelling. Specifiek zijn daarbij studies onder de loep genomen die zich richten op onder meer de mogelijke geluidsbronnen, geluidsbeleving en de (sociaal-psychologische) effecten van geluidhinder, onderzochte en vastgestelde grenswaarden voor geluidbelasting, maatstaven en grenswaarden ter beoordeling van lawaai en geluidhinderbestrijding c.q. geluidsbeperkende constructies.

Reeds ontwikkelde redeneerlijnen achter de opgestelde geluidsnormen voor wonen zijn kritisch geanalyseerd en bekeken is of deze redeneerlijnen eveneens toegepast

kunnen worden bij de ontwikkeling van geluidsnormen voor grootschalige recreatiegebieden.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de effecten van geluidhinder op de mens en meer specifiek op de mens als recreant. In hoofdstuk 3 wordt beschreven of er, en op welke wijze, normen voor recreatie bestaan en volgens welke redeneerlijnen zulke normen zouden kunnen worden opgesteld voor de verschillende vormen van recreatie. Hoofdstuk 4 gaat in op de verschillende mitigerende maatregelen, hun effecten en hun kosten. In hoofdstuk 5 wordt kort ingegaan op het compensatiebeginsel. Het rapport sluit met de conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6. In het rapport is achterin een begrippenlijst opgenomen.

2 Effecten van geluidhinder

2.1 Definitie van geluidhinder

Er blijken veel definities te bestaan van geluidhinder. De meest aanvaarde definitie is van Anastasi, door Defares (1979) geciteerd, en luidt: 'Elk ongewenst geluid, dat fysiologisch spanningsverwekkend is, subjectief als irriterend wordt ervaren en/of een negatief effect heeft op het verrichten van prestaties'. Jurriëns (1977) onderscheidt drie soorten van geluid:

- Onnodig geluid: geluid met een geluidsniveau dat in een bepaalde situatie als niet-passend wordt beschouwd of niet wordt verwacht. Er treedt een vorm van hinder op, fundamentele ontstemming of ergernis.
- Verstorend geluid: geluid met een zodanig geluidsniveau dat verstoring van de uitgeoefende activiteit van dat moment optreedt (slaapstoornis, verminderde concentratie).
- Schadelijk geluid: geluid met een zodanig geluidsniveau dat schadelijke fysiologische effecten optreden en schade betekent voor het optimaal lichamelijk functioneren.

2.2 Effecten van geluid op de mens

Geluid wordt door ieder anders ervaren. Achtergrondmuziek in een winkelcentrum zal de één ervaren als gezellig, de ander ergert zich kapot. De bonkende bassen die uit een trendy-kledingzaak komen zal voor de één aanleiding zijn om die zaak te bezoeken, terwijl een ander er met een grote boog omheen loopt. De mate van hinder is afhankelijk van de mens die het geluid hoort en van de omstandigheden waaronder dit plaatsvindt. In de literatuur wordt geprobeerd dit individuele beleven van geluid te systematiseren.

Mensen worden ingedeeld volgens een schaal die loopt van extra geluidsgevoelige mensen tot geluidsongevoelige mensen. Op basis van deze schaal zijn streefwaarden vastgesteld, waarbij het uitgangspunt is dat er rekening wordt gehouden met de extra geluidsgevoelige mensen. Uit een onderzoek in 1977 blijkt dat 20 à 30% van de bevolking extra geluidsgevoelig is, 40 à 50% normaal gevoelig is en ongeveer 30% ongevoelig is (Jorritsma, 1980).

Er is een groot aantal studies bekend waaruit blijkt dat geluidhinder een negatief effect kan hebben op het psychische functioneren. Het gaat te ver om in het kader van dit project al deze studies uitvoerig te behandelen. Te meer omdat deze studies zich vooral richten op de hinder van het geluid tijdens het werk of in de woning of woonomgeving. Samengevat kan worden gesteld, dat geluid een grote invloed heeft op de psyche van de mens en ons kan hinderen. Plotseling optredende of onregelmatige geluiden schijnen daarbij meer te hinderen dan regelmatige geluiden waaraan men kan wennen. Ook geluiden met veel hoge tonen schijnen meer te hinderen dan geluiden welke voornamelijk uit lage tonen bestaan. Lawaaioverlast kan de

communicatie tussen mensen ernstig verstoren. Geluid heeft ook een duidelijke invloed op de werkprestatie door bijvoorbeeld concentratieverlies. Binnen de eigen woning voelt men zich door het ondervinden van geluidhinder beroofd van het recht op privacy, met name tijdens de nachtelijke uren wanneer men slaapt. Dit kan al het geval zijn bij geluidsniveaus van 45 dB(A).

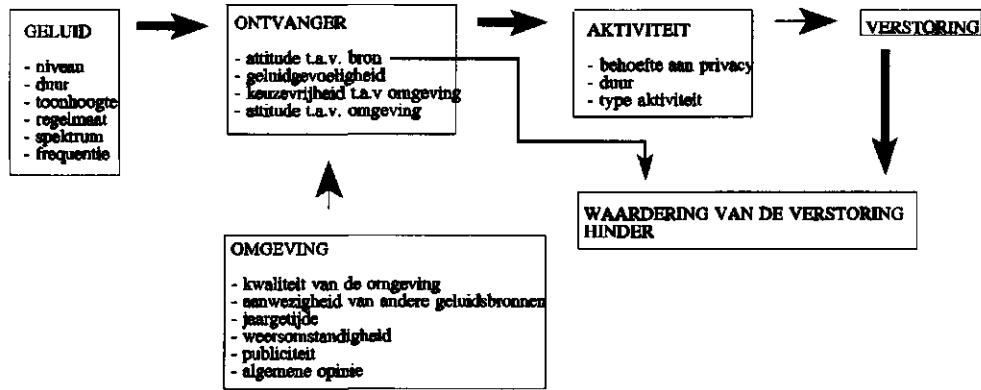


Fig. 1 Relevante kenmerken bij ervaring van geluidhinder (bewerkt naar Turpijn-van Duinen, 1975).

Het vegetatieve zenuwstelsel schijnt bij dit niveau al te reageren met pupilreacties, bloeddruk- en polsslagschommelingen. Het geluid kan tenslotte het gehoororgaan onherstelbaar beschadigen indien dit een lange tijd wordt blootgesteld aan een geluidsniveau van hoger dan 80 dB(A).

Het volgende overzicht geeft een indruk van enkele geluidsniveaus. De sterkte van het geluid, het geluidsdrukkniveau, wordt uitgedrukt in decibels (dB). Aangezien bij eenzelfde geluidsdrukkniveau hoge frequenties hinderlijker zijn dan lage frequentie, wordt in de geluidsmeters een A-filter ingebouwd, dat de gevoeligheid van het menselijk oor nabootst. Het geluidsniveau wordt dan ook in dB(A) gemeten. Bij een niveau van ongeveer 120 dB(A) wordt de pijngrens bereikt.

0 dB(A)	gehoordrempel
10 dB(A)	vallend blad
20 dB(A)	zacht fluisteren, stille tuin bladergeritsel
30 dB(A)	bibliotheek
40 dB(A)	rustige woonstraat fluisteren op 1 m afstand
60 dB(A)	normale gespreksterkte
80 dB(A)	druk straatverkeer bromfiets
100 dB(A)	pneumatische drillboor op 1 m afstand drukkerij
120 dB(A)	vliegtuig op korte afstand

Er zijn veel geluidsbronnen die hinder kunnen veroorzaken. Uit een onderzoek van de Jong (1988a) blijkt dat er circa 100 geluidsbronnen zijn te onderkennen. Voor het landelijk gebied zijn deze niet allemaal relevant. In het landelijk gebied zijn het vooral de verkeersmiddelen die relatief veel geluid produceren. Uit hetzelfde onderzoek onder een representatieve steekproef uit de Nederlandse bevolking blijkt dat juist de verkeersmiddelen de meeste hinder veroorzaken. Dit geldt met name voor (in afnemende volgorde) bromfietsen, personenauto's, motorfietsen, vrachtauto's, bestelauto's, helikopters en militaire vliegtuigen.

Bij geluidhinder speelt een groot aantal kenmerken een rol. Het ondervinden van hinder is een persoonlijke ervaring en daarom moeilijk voor individuen te voorspellen. Figuur 1 geeft een overzicht van de kenmerken die hierbij van belang kunnen zijn.

Op de resultaten van slechts een paar van deze studies zal dieper worden ingegaan voorzover ze relevant kunnen zijn voor de relatie tussen geluidhinder en recreatie.

2.3 Effecten van geluid op de recreant

Uit een promotieonderzoek van Paul Gerard Knipschild over de medische gevolgen van vliegtuiglawaai (1976) blijkt dat de ondergrens van ernstige hinder door vliegtuigen in de buurt ligt van een lawaai-belasting van 20 KE. KE staat voor Kosten Eenheid, welke is opgebouwd uit het aantal vliegtuigbewegingen per jaar, een nachtstraffactor en de maximale geluidsdruk in decibels dB(A) tijdens het overvliegen. Hij concludeert dat gehoorschade door vliegtuiglawaai bij mensen wonend bij vliegvelden niet erg waarschijnlijk lijkt. Wel concludeert hij uit zijn onderzoek onder bijna 6000 mensen wonend in de omgeving van Schiphol dat vliegtuiglawaai een zeer ernstige bedreiging voor de volksgezondheid vormt in al zijn aspecten: aantasting van het welzijn, psychische problemen, lichamelijke klachten en ziekte. Zijn aanbeveling is dan ook dat ter bescherming van het leefmilieu in woongemeenschappen rond vliegvelden, de lawaai-belasting niet de grens van 20 KE mag overschrijden. Dit kan van belang zijn bij verblijfsrecreatieve accommodaties, met name bij de vaste verhuur voor een heel seizoen.

Uit een onderzoek naar de invloed van geluid op de gezondheid (Biesiot, 1989) blijkt dat gedurende een lange blootstelling aan geluid dit mogelijk kan leiden tot een verhoging van de bloeddruk, alhoewel dit geen omvangrijk effect is. Een belangrijkere conclusie uit dit onderzoek is dat de wijze van omgaan met geluidbelasting en de individuele beoordeling van de mogelijkheden om in te grijpen van groot belang zijn bij de verklaring van optredende hinder en klachten over de gezondheid (Biesiot, 1989). Er blijken minder klachten en hinder te zijn naarmate mensen naar eigen inschatting meer mogelijkheden hebben om de oorzaak van het lawaai zelf te kunnen beïnvloeden. Dit is een belangrijke conclusie voor de recreatie. De recreatieactiviteiten die worden ondernomen hebben een vrijwillig karakter. De recreanten kunnen derhalve zelf een inschatting maken van de mogelijke geluidbelasting. Dit wil echter niet zeggen dat recreanten geen hinder ondervinden van geluid, maar een direct effect op de gezondheid zal niet zo snel optreden. Het gebied waar de recreatieactiviteit

wordt ondernomen kan echter door de aanwezigheid van geluid minder aantrekkelijk worden gevonden. Mogelijk kan dit leiden tot geen herbezoek: de recreant zoekt een ander gebied op. Uit een onderzoek van de Jong (1988b) blijkt dat 25% van de Nederlandse bevolking wel eens last heeft van lawaai en dat 16% om die reden wel eens plekken mijdt.

Naar de relatie recreatie en geluidhinder is nog nauwelijks onderzoek gedaan. Het onderzoek van Staats (1991) is een van de eersten waarin geluidhinder in de vraagstelling is opgenomen. In dit onderzoek zijn 360 bezoekers, evenredig verdeeld over de recreatiegebieden Amsterdamse Bos, Westeinderplassen en Spaarnwoude tijdens hun bezoek gevraagd naar de hinder van vliegtuiggeluid. De belangrijkste uitkomst is dat vliegtuiggeluid de meest gehoorde geluidsbron is en, gemiddeld over de gebieden, ook de meeste hinder veroorzaakt. Per gebied bestaan echter wel verschillen. Vooral in het Amsterdamse Bos en in mindere mate in Spaarnwoude leveren overkomende vliegtuigen geluidhinder op. Aan de Westeinder plassen is er nauwelijks geluidhinder. De dagen waarop het veldwerk plaatsvond waren voor Schiphol normale vliegdagen: dat wil zeggen dat er zo min mogelijk over woongebieden wordt gevlogen. Dit betekent echter een grotere druk op het landelijk gebied, met name via de aanvliegroutes over het Amsterdamse Bos en Spaarnwoude. De aanvliegroutes over de Westeinder Plassen hebben tijdens normale vliegdagen een gering aandeel in het geheel. Een belangrijke conclusie uit het onderzoek is dat de gesignaleerde geluidhinder zonder meer de kwaliteit van de recreatieve ervaring vermindert en dat een toename van het aantal vliegtuigbewegingen ook de hinder aanzienlijk zal versterken. Staats meldt echter dat door het verschil in het soort omgeving de resultaten niet zonder meer vergelijkbaar zijn met studies naar geluidhinder in de woonomgeving waarbij stress of niet-welbevinden belangrijke indicatoren zijn. Dit komt met name door de tijdsduur van expositie aan vliegtuiglawaai, de aard van de recreatieactiviteiten die worden gestoord en het vrijwillige karakter van bezoek aan een gebied.

Uit het onderzoek blijkt dat de bezoekersgroep geen aparte categorie is, bijvoorbeeld recreanten die gewend zijn aan geluidhinder. Wel geeft een ruime meerderheid aan vliegtuiggeluid te verwachten bij een bezoek aan de gebieden. Dit geeft de indruk dat men de geluidhinder voor lief neemt, misschien bij een gebrek aan een alternatief of omdat het ruimschoots wordt gecompenseerd door andere gebiedskwaliteiten. Toch waarschuwt Staats om te lichtvaardig over dit probleem te denken. Dit beredeneert hij door uit te gaan van de keuzevrijheid van de potentiële recreant. Hoe minder vrij de keuze voor een gebied is, des te belangrijker wordt het een hoge kwaliteit na te streven. Die keuzevrijheid is volgens Staats afhankelijk van afstand, bereikbaarheid voor de doelgroep en vergelijkbaar aanbod. De resultaten geven aan dat op die criteria het Amsterdamse Bos, Spaarnwoude en Westeinder Plassen oplopen in keuzevrijheid; een volgorde die tegengesteld is aan de ernst van de hinderervaring.

Een van de weinige onderzoeken die een relatie legt tussen fietsen in het landelijk gebied en geluidhinder is van Staats (1990). In zijn onderzoek naar de beleving van gebiedsvreemd geluid door recreatieve fietsers in het Groene Hart stelt hij dat de beoordeling van de sterkte van het geluid niet per definitie parallel loopt aan de ervaring van hinder. Deze relatie wordt onder andere gemedieerd door de attitude

ten aanzien van de geluidsbron, gewenning, verwachting en de voorspelbaarheid en beheersbaarheid van de geluidsbron. Hij stelt dat van autoverkeer bekend is dat deze over het algemeen ongunstig wordt beoordeeld op deze aspecten. In het objectonderzoek is aan fietsers gevraagd welk geluid ze hoorden op de plek waar ze werden aangehouden voor deelname aan het onderzoek en hoe sterk ze dat geluid vonden. Uit tabel 1 blijkt dat alleen verkeersgeluid van de weg waarop men reed en de snelweg redelijk tot vaak worden genoemd (N=237 respectievelijk N=82) en ook tot de ervaring van hinder leiden.

Tabel 1 Geluidsbron en ervaren hinder (percentage) (Uit Staats, 1990)

Hinderlijkheid	Heel	Behoorlijk	Tamelijk	Beetje	Niet
Weg waarop men reed (N=237)	6,8	13,9	12,2	25,3	41,8
Snelweg (N=82)	13,4	11,0	11,0	13,4	51,2
Werkzaamheden (N=9)	11,1	11,1	22,2	0	55,6
Radio's, pratende mensen (N=29)	3,4	3,4	6,9	75,9	10,3
Wind, vogels, dieren (N=177)	0	0	0	0,6	99,4
Vliegtuigen (N=51)	3,9	9,8	5,9	21,6	58,8
Anders (N=60)	3,3	3,3	0	8,3	85,0

Ook heeft hij onderzocht in hoeverre veiligheid en landschappelijke schoonheid meetellen bij de beoordeling van recreatieve ervaring. Staats concludeert uit zijn onderzoek dat gebiedsvreemd geluid (en dan vooral van snelwegen) enige afbreuk doet aan de kwaliteit van het landelijk gebied voor deze recreatievorm, namelijk fietsen. De effecten zijn echter niet sterk. Voor fietsers tellen eerst veiligheid en landschappelijke schoonheid en dan pas geluidhinder.

Uit een onderzoek van Goossen (1997) blijkt dat stilte een zeer belangrijke kwaliteitsindicator is. In dit onderzoek zijn 266 fietsers en 243 wandelaars, verspreid over Nederland, thuis ondervraagd naar hun mening over kwaliteitsindicatoren van landelijk gebieden voor hun recreatievorm. Dit is gebeurd via de conjunct-meetmethode, waarbij de respondenten hypothetische gebieden zijn voorgelegd. Deze gebieden bestaan uit steeds wisselende kwaliteitsindicatoren. Aan de respondenten is gevraagd hoe aantrekkelijk ze de verschillende hypothetische gebieden vinden voor hun recreatievorm. Op basis van deze antwoorden wordt het relatieve belang van de kwaliteitsindicatoren bepaald. Het blijkt dat voor fietsers de mate van stilte in een landelijk gebied de belangrijkste kwaliteitsindicator is (15,3%). Daarna komen het grondgebruik (10,1%), dat vergelijkbaar is met de landschappelijke schoonheid van Staats, toegankelijkheid van natuurgebieden (8,9%) en verkeersdruk (7,9%). Voor wandelaars is de mate van stilte de vierde belangrijkste kwaliteitsindicator (9,3%), na toegankelijkheid van gebieden (19,8%), grondgebruik (16,2%) en veiligheid (12,1%). Naast het relatieve belang komt uit dit onderzoek ook naar voren welke waarde de respondenten aan de verschillende mate van stilte toekennen. Stilte is geoperationaliseerd als:

- 'zeer stil, er is geen lawaai van (snel)wegen, spoorlijnen en vliegvelden';
- 'redelijk stil, er is enige lawaai van (snel)wegen, spoorlijnen en vliegvelden';
- 'niet stil, er is veel lawaai van (snel)wegen, spoorlijnen en vliegvelden'.

Uit tabel 2 blijkt dat fietsers de meeste waarde (de nutswaarde) hechten aan gebieden die 'zeer stil' (0,519) zijn, daarna aan 'redelijk stil' (0,111) en 'niet stil' heeft de

laagste nutswaarde, namelijk van (-0,629). Ook wandelaars hechten de meeste waarde aan 'zeer stille' gebieden (0,336), daarna aan 'redelijk stille' gebieden (0,061) en ze hechten de minste waarde aan gebieden die 'niet stil' zijn (-0,397). De grootste kwaliteitsverbetering voor fietsers en wandelaars is derhalve te halen indien, in gebieden die niet stil zijn, maatregelen worden getroffen die het gebied kunnen opwerken tot redelijk stille gebieden. In dit onderzoek wordt echter niet aangegeven wat 'zeer stil', 'redelijk stil' en 'niet stil' precies in akoestische meetwaarden is. Deze vertaalslag zou nog gemaakt kunnen worden.

Tabel 2 Nutswaarden van de fietsers en wandelaars voor de kwaliteitsindicator 'mate van stilte'

Mate van stilte	Nutswaarde voor fietsers	Nutswaarde voor wandelaars
Zeer stil	0,519	0,336
Redelijk stil	0,111	0,061
Niet stil	-0,629	-0,397

In een aantal onderzoeken van de Forest Service en de National Park Service in de Verenigde Staten is de relatie bestudeerd tussen geluidhinder (met name van vliegtuigen) en het bezoek aan Nationale Parken. De onderzoeken van Fidell et al. (1992) en Tabachnick et al. (1991) bevatten gegevens over de geluidsniveaus in natuurgebieden en de beoordeling van de geluidssituatie door bezoekers van die gebieden. Een minder sterk punt van deze onderzoeken, zoals door Fields (1993) wordt aangegeven, is dat de tijd en de plaats waar de geluidsmetingen zijn uitgevoerd niet samenvallen met het moment van bezoek en de route die daarbij is gevolgd. De bezoekers werden achteraf (aan het eind van hun bezoek bij Fidell et al., of thuis via een telefonisch onderzoek bij Tabachnick et al.) gevraagd over het geluid van vliegtuigen. Doordat wordt uitgegaan van een herinnering, en er dus heel wat ruis tussen kan zitten, is het heel moeilijk om hierop een betrouwbare rekenkundige relatie te baseren. Uit het onderzoek van Fidell et al. blijkt echter wel dat het percentage bezoekers dat opgaf vliegtuigen te hebben gehoord en door het geluid te zijn gehinderd, 12% is. Dit percentage is bij het onderzoek van Tabachnick et al. 18%. Dit mag redelijk hoog genoemd worden, gezien het feit dat dit op basis van herinnering wordt beantwoord.

In een dosis-respons onderzoek door het National Park Service in de Grand Canyon, Haleakala and Hawaii Volcanoes National Parks (Anderson et al., 1993) is wel ter plekke de relatie tussen bezoekers en geluid onderzocht. Bij uitzichtpunten of bij bezoekers die een kort wandelpad volgden, werden bezoekers groepsgewijs onderzocht over het vliegtuiggeluid. Het doel van het onderzoek werd niet vooraf verteld. Doordat de aankomsttijd geregistreerd werd, zijn later uit de ter plekke verzamelde gegevens de data geselecteerd die betrekking hadden op het tijdsinterval waarin het bezoek plaatsvond. Van 772 bezoekers waren de gegevens bruikbaar. De onderzoekers stellen dat de hieruit komende dosis-respons-curven niet zondermeer geschikt zijn voor andere gebieden zoals culturele en historische plekken of stedelijke gebieden. Ook bij andere weersomstandigheden zullen de uitkomsten volgens de onderzoekers anders zijn, zoals ook bij andere recreatieactiviteiten of bij andere geluidbronnen.

Miedema (1995) stelt dat er desondanks wel enkele algemeenheden te trekken zijn, die ook voor Nederland kunnen gelden. Ook beneden een geluidsniveau van 40 dB(A) wordt voor een substantieel deel van de bezoekers (30% van de bezoekers bij uitzichtpunten en 65% bij de wandelaars) de natuurlijke rust verstoord, en wordt het geluid als hinderlijk ervaren. Ook stelt hij dat zelfs bij een geluidswaarde van minder dan 40 dB(A), een verdere verlaging van de dB(A) bijdraagt tot een verbetering van de kwaliteit van de akoestische situatie voor bezoekers. Overigens is het opvallend dat het percentage wandelaars dat gehinderd wordt door het geluid veel groter is dan het percentage bezoekers dat voor een korte periode naar een uitzichtpunt komen. De tijdsduur van de recreatieactiviteit is blijkbaar essentieel. Dit kan betekenen dat er een verschil in ervaren geluidhinder kan bestaan tussen de verschillende recreatievormen. Naar aanleiding van dit onderzoek stelt Fields (1994) dat de hoogte van de dB(A) een betere indicatie geeft voor de hinder dan het door de onderzoekers vastgestelde percentage van de bezoektijd dat vliegtuigen hoorbaar zijn.

Van Dongen (1991) heeft omwonenden, recreanten en werkenden in de omgeving van de schietbaan bij de Marnewaard (Lauwersmeer) gevraagd naar hun oordeel over bepaalde milieuaspecten. Uit dit onderzoek blijkt dat van de 200 ondervraagde recreanten 45% rust, stilte of het ontbreken van autoverkeer als reden opgaf voor hun keuze van verblijf op de desbetreffende locatie. Van de milieuaspecten die genoemd werden bleek geluid het meest opgemerkt te worden (51%) en de meeste hinder (27%) te veroorzaken, vooral bij activiteiten als het observeren van en luisteren naar vogels en het wandelen en fietsen. Als bron van hinder werden (laagvliegende) straaljagers het meest genoemd en daarna het schietgebied. Van Dongen stelt echter dat de recreatieve aantrekkelijkheid van het gebied door het schieten niet of nauwelijks wordt aangetast. Niemand van de respondenten geeft te kennen om redenen van overlast door militaire activiteiten niet meer van plan te zijn terug te komen.

3 Normen voor geluidhinder voor recreatie

3.1 Bestaande maten en normen

In Nederland worden voor het geluid in de woonomgeving van de te beoordelen bronnen, maten gebruikt als L_{etm} , dB(A) en Ke. Deze geven een indicatie voor de te verwachten hinder in de woonomgeving. De maten worden vastgesteld voor het geluid gedurende een jaar. Op basis van deze maten worden ook normen vastgesteld voor de woonsituatie. In de Wet Geluidhinder wordt gesteld dat bij een gemiddeld geluidsniveau buiten van 50 dB(A) overdag en 40 dB(A) 's nachts een vrij goede woonsituatie in stedelijke gebieden gegarandeerd is. Vastgesteld is dat boven de 75 dB(A) ondraaglijke c.q. schadelijke hinder ontstaat. Hiermee samenhangend (dus bij een grenswaarde van 50 dB(A)) zijn geluidzones vastgesteld langs of rond een geluidsbron, waarbinnen in beginsel geen vergunning wordt gegeven voor het bouwen van woningen. Een geluidzone is in de Wet geluidhinder gedefinieerd als een langs of rond een geluidsbron gelegen gebied, waarin extra aandacht moet worden besteed aan geluid, zoals tabel 3 laat zien.

Tabel 3 Zonebreedte in meters aan weerszijde van de weg voor nieuwe situaties

Aantal rijstroken		Aantal meters
Stedelijk	buitenstedelijk	
3 of meer	-	350
2	-	200
-	5 of meer	600
-	3 of 4	400
-	2	250

De geluidzones gelden niet voor wegen waarvan de verwachte verkeersintensiteit binnen 10 jaar lager zal zijn dan 2450 voertuigen per etmaal. Voor bestaande situaties zijn de zonebreedte anders, zoals tabel 4 laat zien.

Tabel 4 Zonebreedte in meters aan weerszijde van de weg voor bestaande situaties

Aantal rijstroken		Aantal meters
Stedelijk	buitenstedelijk	
3 of meer	-	150
2	-	100
-	5 of meer	400
-	3 of 4	200
-	2	150

Voor recreatie zijn met name de zonebreedte van de buitenstedelijke wegen van belang. De gemeentebesturen moeten binnen dit gebied een akoestisch onderzoek instellen naar de geluidbelasting in situaties waarbij zowel de weg als de daarlangs liggende bebouwing aanwezig, in aanleg of in aanbouw zijn. Uit dat onderzoek moet blijken dat de woningen geen hogere geluidbelasting zullen ondervinden dan 50

dB(A). Gesteld kan worden dat als er binnen deze zone extra aandacht aan het geluid moet worden besteed, er ook terughoudendheid moet zijn bij de aanleg van recreatievoorzieningen.

Het maximaal toelaatbare etmaalequivalent voor spoorweglawaai is in het algemeen 60 dB(A), nabij stations is dit 65 dB(A). De grenswaarden nabij stations gelden voor een gebied met een straal van 1500 meter rond het station. Als ondergrens voor de afstand tussen woonbebouwing en spoorlijn is 25 meter aan te houden.

Uit geluidhinderonderzoekingen bij militaire vliegvelden blijkt dat bijna 50% van de mensen die wonen binnen de 35 KE-zone in hun woonomgeving erge niet-specifieke hinder ondervindt van het vliegverkeer. Niet-specifieke hinder is een gevoel van onbehagen, dat niet direct veroorzaakt wordt door een min of meer nauwkeurig aan te geven activiteitenstoring, maar dat meer algemeen van aard is en invloed heeft op het algemene gevoel van welbevinden (Van Dongen, 1979). Dit percentage van mensen die erge niet-specifieke hinder ondervinden, komt overeen met mensen die wonen in woningen met een geluidbelasting aan de buitengevel van 71-75 dB(A) L_{eq} veroorzaakt door wegverkeer. In Nederland worden voor de wegverkeersgeluiden zogenaamde equivalente geluidsniveaus (L_{eq}) in dB(A) gehanteerd. Het L_{eq} is het van een bepaalde geluidsbron afkomstige (energetisch) gemiddelde geluidsniveau over een bepaalde tijdsperiode (hier de dagperiode).

De specifieke hinder uitgedrukt in de gemiddelde relatieve hinderscore is binnenshuis bij 35 KE circa 35%. Dit correspondeert met een L_{eq} wegverkeer van 61-65 dB(A). Onder specifieke hinder wordt die hinder verstaan, die ervaren wordt als men zich bij het verrichten van een bepaalde activiteit gestoord voelt door bepaalde geluiden of geluidsniveaus.

Er zijn redenen om aan te nemen dat deze maten geen goede indicaties zijn voor recreatie. Ten eerste wordt een straffactor voor de nacht toegepast die relatief sterk bijdraagt aan de eindwaarde. Op verblijfsrecreatie na, is dit voor recreatie niet nodig. Ten tweede zijn de maten nauwelijks gevoelig voor het voorkomen van relatief stille perioden. Als militaire activiteiten gedurende slechts 10 dagen per jaar een geluid produceren van 60 dB(A), terwijl het de rest van het jaar stil is, dan is het L_{etm} voor het jaar gelijk aan 44 dB(A). Daarom wordt voorgesteld om zogenoemde invloedniveaus te bepalen, waarbij met deze zaken rekening wordt gehouden. Deze invloedniveaus kunnen vervolgens gerelateerd worden aan de waardering van recreanten van geluidssituaties in bepaalde gebieden. Tijdens een studie hiernaar (De Jong, 1996) bleek echter dat het moeilijk is om momentane invloedniveaus te bepalen door het ontbreken van statistische gegevens, omdat deze vaak gemiddelden zijn.

3.2 Mogelijke maten en normen voor recreatie

Voor verblijfsrecreatieterreinen bestaan geen wettelijk regels die deze terreinen beschermen tegen van buiten deze terreinen afkomstig geluidsoverlast. De Wet geluidhinder kent het begrip geluidsgevoelig object, maar tot nu toe worden verblijfsrecreatieterreinen niet als zodanig aangewezen. Evenmin bestaat de verplichting om bij de planning van nieuwe geluidsbronnen (snelwegen etc.) of nieuwe verblijfsrecreatieterreinen met het aspect geluidhinder rekening te houden. Als reden wordt aangegeven dat een verblijfsrecreant zelf vrijwillig bepaalt welk kampeerterrin gekozen wordt. De vraag is echter of deze keuze wel zo vrijwillig is omdat in grote delen van Nederland geen evenwicht bestaat tussen vraag en aanbod van kampeerruimte. Daarnaast ontbreekt informatie veelal over de ter plekke aanwezige geluidhinder. Een andere reden is dat in het kader van het actieprogramma Deregulering Ruimtelijke Ordening en Milieu juist wordt gestreefd naar beperking van de lijst met geluidsgevoelige objecten. De Commissie Wessel (1987) inzake Evaluatie Wet geluidhinder, stelt dat bescherming van kampeerterrinen voor geluid al desgewenst met planologische maatregelen kan worden gerealiseerd.

Noy en Veldhuisen (1985) hebben een onderzoek gedaan naar de beleving van geluidhinder van recreanten op 29 kampeerterrinen in Utrecht en Gelderland. Deze terreinen hebben gezamenlijk 7300 standplaatsen waarvan 67% vast, 27% toeristisch en 6% bungalows. Van de standplaatsen valt 25% in een berekende geluidbelasting lager dan 45 dB(A), 50% in de categorie 45-55 dB(A) en 25% in de categorie meer dan 55 dB(A). De resultaten van het onderzoek geven aan dat er een positieve relatie is tussen de geluidbelasting door wegverkeer en de ondervonden hinder. Een belangrijke conclusie van het onderzoek is dat voor nieuwe situatie (bij bijvoorbeeld een nieuwe weg of een nieuw kampeerterrin) een norm kan worden aangehouden met een grenswaarde van 45 à 50 dB(A). Er bestaat een verschil in de hinderbeleving van wegverkeerslawaaï tussen recreanten die een kampeerterrin voor het eerst bezoeken en degenen die vaker op het kampeerterrin zijn geweest. Op basis van de hinderscores van de nieuwkomers mag worden verwacht dat bij de aanleg van een nieuwe weg nabij een bestaand kampeerterrin, of bij de aanleg van een nieuw kampeerterrin in de nabijheid van een bestaande weg, bij een geluidbelasting van boven de 50 dB(A) (etmaalwaarde) een aanzienlijk deel van de verblijfsrecreanten hinder zal ondervinden van verkeerslawaaï. Deze hinder is gemiddeld 35% overdag en 's avonds, en gemiddeld 20% 's nachts met een doorloop naar circa 50% overdag. Voor degenen die het terrein al langer bezoeken liggen de hinderscores lager door onder andere gewenning.

Het tegengaan van een geluidbelasting boven de 50 dB(A) kan volgens het onderzoek met relatief eenvoudige middelen worden bereikt, namelijk door:

- het in acht nemen van voldoende afstand tussen de geluidsbron en kampeermiddelen;
- een groenstrook van voldoende breedte rond het terrein;
- situering van de niet geluidsgevoelige voorzieningen (zoals restaurant, winkel) tussen de weg en kampeermiddelen;
- een eenvoudige geluidswal in het overdrachtsgebied.

Overigens is een opmerkelijk resultaat van het onderzoek dat 50% van verblijfsrecreanten hinder ondervindt van vliegtuiglawaai, met name overdag. Deze hinder is groter dan de hinder van wegverkeerslawaai. Dit is des te opmerkelijker aangezien alle kampeerterreinen buiten de 35 KE-contourenlijn van vliegvelden liggen.

Van der Lee (1981) stelt als norm voor verblijfsrecreatie minder dan 45 dB(A) voor. Dit baseert hij op twee indicatoren, namelijk de spraakverstaanbaarheid en de slaapstoring. Een redelijke (95%) verstaanbaarheid op 3 meter afstand buitenshuis wordt mogelijk geacht bij een geluidsniveau van 55 dB(A). Een ongestoorde nachtrust leidt tot een toelaatbaar geluidsniveau overdag tot maximaal 50 dB(A). Van der Lee stelt dat hij de grenswaarde voor nachtrust prefereert boven de grenswaarde van verstaanbaarheid. Omdat de wettelijke norm om reden van meettechnische aard 5 dB(A) lager wordt genomen dan het nog toelaatbare geachte geluidsniveau, zou de norm voor verblijfsrecreatie maximaal 45 dB(A) moeten zijn.

Uit een onderzoek van de ANWB (NSG, 1994) blijkt dat in 1985 de geluidbelasting (veroorzaakt door geluiden buiten de kampeerterreinen, dus niet alleen weg- en railverkeerslawaai) op 80% van de kampeerterreinen in Nederland lager of gelijk aan 45 dB(A) was. Uit een berekening van DLO-Staring Centrum op basis van de ligging van kampeer- en bungalowterreinen en geluidzones, blijkt dat in 1995 63% van de kampeerterreinen en 68% van de bungalowterreinen liggen in gebieden met een geluidbelasting (veroorzaakt door alle geluidsbronnen buiten de terreinen) lager of gelijk aan 45 dB(A). De situatie is dus in 10 jaar tijd duidelijk verslechterd.

Voor lawaaigevoelige vormen van dagrecreatie zijn eveneens geen normen opgesteld. Toch blijken 'rust' en 'stilte' zeer belangrijke redenen te zijn bij de keuze van veel recreanten voor bepaalde gebieden, zoals is gebleken. Het kan daarom wenselijk zijn om toch normen voor geluidhinder op te stellen voor recreatie. Bij de beoordeling van de akoestische kwaliteit van een recreatiemilieu kan van een aantal indicatoren gebruikt worden zoals voor normstelling voor het woonmilieu is uitgewerkt, zoals spraakverstaanbaarheid. Echter, er zijn veel verschillende vormen van recreatie. Uit een globale inventarisatie van Goossen (1995) blijkt dat er ongeveer 75 vormen van recreatieactiviteiten zijn te onderscheiden. Voor al deze vormen zullen niet allemaal dezelfde normen hoeven gelden. Er zijn zelfs recreatievormen bij (zoals motorcrossen) die zelf veel geluid produceren. Deze geluidsproducerende vormen van recreatie zijn echter wel aan wettelijk strikte normen gebonden.

3.2.1 Indeling van Jurriëns

In het verleden is er regelmatig om aandacht gevraagd (vooral door de ANWB) om geluidsnormen voor lawaaigevoelige vormen van recreatie op te formeren. Tot nu toe zonder succes. In de literatuur is slechts één nota (Jurriëns, 1977) gevonden die probeert om geluidswaarden voor wegverkeer te bepalen voor onder andere verschillende vormen van recreatie. Jurriëns probeert te formuleren waardoor de geluidsgevoeligheid van een mens in een bepaalde situatie wordt bepaald, door na te gaan wat hij in die situatie verwacht of wat hij in die situatie wil doen. Jurriëns kijkt per

bestemming naar zaken als de hoogte van het natuurlijk achtergrond- en het activiteitsniveau, de gewenste spraakverstaanbaarheid en de vraag of storingvrije slaap, storingvrij inslapen, concentratiemogelijkheden en/of uitvoering van minder gecompliceerde taken en bezigheden al dan niet gewaarborgd dienen te worden.

Jurriëns onderscheidt gebieden in zes geluidsgevoeligheidsklassen, van zeer gevoelig tot zeer ongevoelig (tabel 5). De mate van gevoeligheid wordt bepaald door hun huidige of gewenste bestemming, zoals bijvoorbeeld recreatie.

Tabel 5 Geluidswaarden per geluidsgevoeligheidsklasse van gebieden

Geluidsgevoeligheidsklasse	Geluidswaarde in dB(A)
Zeer gevoelig	25
Gevoelig	35
Enigszins gevoelig	45
Enigszins ongevoelig	55
Ongevoelig	65
Zeer ongevoelig	75

De geluidswaarden geven aan welke rustniveaus, activiteitsniveaus en achtergrondniveaus per geluidsgevoeligheidsklasse wenselijk respectievelijk aanvaardbaar zijn en wat het L_{eq} van het wegverkeer moet zijn om de verschillende gebieden uit het oogpunt van akoestische kwaliteit als redelijk tot goed te kunnen beschouwen.

Onder rustniveau wordt verstaan:

- het equivalente geluidsniveau dat in een bepaalde situatie heerst bij afwezigheid van een activiteitsniveau en afwezigheid van geluiden, die aan die situatie vreemd zijn. Het ontbreken van een activiteitsniveau kan voortdurend zijn (bijv. in een natuurgebied) of af en toe (stiltes tijdens een concert).

Onder activiteitsniveau wordt verstaan:

- het equivalente geluidsniveau dat ontstaat ten gevolge van voor een bepaalde situatie typische menselijke activiteiten.

Onder achtergrondniveau wordt tenslotte verstaan:

- het totale geluidsniveau ter plaatse. Het kan beschouwd worden als de resultante van het rustniveau en het geluidsniveau ten gevolge van externe bronnen zoals wegverkeerslawaai.

Jurriëns geeft geen normen, maar geeft een bandbreedte waarbinnen de akoestische kwaliteit van uitstekend tot slecht loopt. Hij benadrukt dat het geven van een bandbreedte niet inhoudt dat er vrijelijk een keuze kan worden gemaakt bij een bestaande of te verwachten lawaai-belasting. Het kiezen voor een ingreep waarbij een grenswaarde van de akoestische kwaliteit ‘matig tot slecht’ hoort, kan alleen wanneer passende maatregelen worden genomen of wanneer de dan te verwachten toename van de hinder om zwaarwegende redenen lichter wordt gewogen dan andere aspecten.

Jurriëns heeft 10 argumenten opgesteld om deze indeling te maken, waarbij voor dagrecreatie vooral de eerste 5 van belang zijn. In tabel 6 staat aangegeven welk argument Jurriëns bij welke recreatievoorziening heeft bedacht. De 10 argumenten zijn:

- 1 Het rustniveau moet bepalend zijn voor de gevoeligheid. De verwachting is dat er geen doordringing is van als zodanig herkenbaar verkeerslawaai. Hieraan wordt redelijk voldaan, zo stelt hij, wanneer het niveau ten gevolge van verkeerslawaai 5 dB(A) onder het rustniveau blijft.
- 2 Het rustniveau moet bepalend zijn voor de gevoeligheid. Van tijd tot tijd doordringen van wegverkeerslawaai wordt in het algemeen niet bezwaarlijk geacht. Het wegverkeerslawaai mag daartoe hoogstens even hoog zijn als het rustniveau.
- 3 Het rustniveau moet bepalend zijn voor de gevoeligheid. Het wordt echter als aanvaardbaar ervaren als het wegverkeerslawaai meestentijds de functie van rustniveau overneemt. Het wegverkeerslawaai mag echter de rustgeluiden niet volledig maskeren, dus niet meer zijn dan 5 dB(A) daarboven.
- 4 Er is doorgaans sprake van een zodanig activiteitsniveau, dat het rustniveau niet relevant is en dus het activiteitsniveau bepalend is voor de gevoeligheid. Er wordt verwacht dat het wegverkeerslawaai niet domineert, derhalve 5 dB(A) onder het activiteitsniveau.
- 5 Rustniveau noch activiteitsniveau zijn uitgangspunten bij de bepaling van de geluidsgevoeligheid. Het wegverkeerslawaai wordt als een gegeven aanvaard. De frequentie en duur van de expositie bepalen voornamelijk het toe te laten niveau.
- 6 Binnenshuis moet ontspannen conversatie met 100% verstaanbaarheid van zinnen mogelijk zijn, derhalve is het L_{eq} voor het wegverkeerslawaai maximaal 45 dB(A).
- 7 Buitenshuis moet bij normale conversatie een redelijk (95%) verstaanbaarheid van zinnen tot op een afstand van 3 meter mogelijk zijn, derhalve is het L_{eq} door het wegverkeerslawaai maximaal 55 dB(A).
- 8 Verstoring van de slaap en inslapen door wegverkeerslawaai mag zeer weinig voorkomen, derhalve is het L_{eq} door het wegverkeerslawaai overdag maximaal 45 dB(A).
- 9 De mogelijkheid tot goede concentratie moet gewaarborgd zijn, derhalve is het L_{eq} door het wegverkeerslawaai maximaal 35 dB(A).
- 10 Probleemloze uitvoering van minder gecompliceerde taken en bezigheden moet mogelijk zijn, derhalve is het L_{eq} door het wegverkeerslawaai maximaal 45 dB(A).

De indeling van Jurriëns is toegepast bij een advies inzake geluidhinder door de aanleg van snelwegen rond het recreatieproject Ekkerswijer nabij Eindhoven (Van Dongen, 1979). Een aantal recreatievoorzieningen is toegevoegd, zoals wandel- en fietsroutes en stille stranden en oevers. Deze worden als enigszins gevoelige tot zeer gevoelige bestemmingen gecategoriseerd, waarbij een grenswaarde wordt genoteerd van maximaal 50 dB(A) voor de routes en maximaal 45 dB(A) voor de oevers om te kunnen vissen.

Een belangrijke conclusie van het advies van Van Dongen was dat in het gehele recreatieproject het equivalent geluidsniveau te hoog zal zijn voor extensieve vormen van recreatie. Tevens kwam uit dit advies naar voren dat de indeling van Jurriëns alleen voor wegverkeer geldt, en niet voor bijvoorbeeld vliegverkeer. Het lawaai van

vliegverkeer is in Ekkerswijer aanwezig, waardoor dit een extra argument is om dit gebied voor extensieve recreatie als minder aantrekkelijk te bestempelen.

Tabel 6 Grenswaarde en bandbreedte in dB(A) per recreatievoorziening

Recreatievoorziening	Grenswaarde voor akoestische kwaliteit redelijk tot goed L_{eq} in dB(A)	Bandbreedte in dB(A)	Argument
Natuurreservaat	25	20-35	1
Heide, bos, duinen, plassen	35	30-45	2
Wandel- en fietspaden	35	30-50	2, 3
Beschermd landschap	45	35-50	3
Strand	45	35-50	2
Openluchttheater	35	30-45	2
Volkstuin	45	40-55	3
Kampeerterein	45	40-55	3
Openluchtmuseum, hertenkamp, groot park	45	40-55	3
Dierentuin, kinderboerderij, sprookjestuin, speel- en ligweide	45	40-55	3, 4
Openluchtwembad, watersportgebied	45	40-55	3, 4
Ruiterpad, golfterrein	45	40-55	3
Stadspark	55	50-60	3, 7
Speeltuin	55	50-60	4
Sportpark, roeibaan, ijsbaan	55	50-60	3, 4
Sporthal, overdekt zwembad	55	55-70	4
Luidruchtige attracties, speedbootaccommodaties	65	60-75	4
Auto- en motorsportcircuit	75	65-80	4

De indeling van Jurriëns is gebaseerd op de akoestische stilte die gemeten kan worden en niet op de stilte zoals die door recreanten wordt beleefd. Desondanks geeft de indeling enig houvast en is het tot nu toe de enige indeling van grenswaarde van geluid voor recreatie waarbij rekening wordt gehouden met de verschillende vormen van recreatie.

Veel recreanten zullen de rust opzoeken voor het uitoefenen van hun recreatie-activiteiten. In Nederland kennen we zogenaamde stiltegebieden, waar deze rust enigszins gewaarborgd is. Een stiltegebied is een gebied van enige vierkante kilometers of meer, waarin de geluidbelasting door toedoen van menselijke activiteiten zo laag is, dat de in dat gebied heersende natuurlijke geluiden niet of nauwelijks worden verstoord. Volgens de Wet op de Geluidhinder zijn de provincies verplicht om stiltegebieden aan te wijzen. Als norm wordt voorgesteld een grenswaarde van 40 dB(A) aan te houden.

3.2.2 Circulaire geluidhinder voor recreatie

Voor geluidhinder op (dag)recreatiegebieden en verblijfsrecreatieterreinen bestaan dus geen wettelijke normen. Wel is in het IMP-Milieubeheer 1987-1991 aangekondigd om met een circulaire te komen. In deze circulaire aan gemeenten en provincies wordt uiteengezet welke mogelijkheden er zijn om recreanten tegen geluidhinder te beschermen. Tijdens de evaluatie van de richtlijn die in de circulaire staat zal worden bezien of de openluchtrecreatie door middel van de richtlijn voldoende wordt beschermd tegen geluidhinder en op welke wijze deze bescherming in de toekomst kan worden gewaarborgd. Deze circulaire van 4 juli 1991 heeft tot nog toe echter nog steeds de status van concept en is derhalve niet verspreid. De redenen hiervoor zijn enerzijds dat het geven van richtlijnen weinig effect zal sorteren zonder dat er gelijktijdig financiële middelen tegenover staan en anderzijds dat er vanuit het Rijk de behoefte bestond om het aantal te verspreiden circulaire's drastisch terug te dringen.

Niettemin worden in deze circulaire richtwaarden ten aanzien van de openluchtrecreatie gegeven. Een richtwaarde is, net als een grenswaarde, een kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgesteld, maar die wel met een economische afweging is bepaald. Grenswaarden moeten in acht worden genomen en dienen te worden beschouwd als resultaatverplichting. Richtwaarden dienen te worden beschouwd als inspanningsverplichting. Richtwaarden dienen, al dan niet op termijn, zoveel mogelijk te worden bereikt en gehandhaafd. Bij de vaststelling van de hoogte van de richtwaarden is uitgegaan van dezelfde systematiek als door Jurriëns is ontwikkeld. Hiermee is geluidhinder van vliegtuiglawaai dus niet in de circulaire opgenomen, omdat hiervoor nog geen hindermaat is ontwikkeld. Hetzelfde geldt voor industrielawaai.

Het wordt aanbevolen de richtlijn te gebruiken bij:

- de aanleg of wijziging van een openluchtrecreatievoorziening;
- de aanleg of reconstructie van een weg of een spoorweg voorzover er een openluchtrecreatieve voorziening in het invloedsgebied van deze (spoor)weg ligt;
- bij het gebruik van een gebied met recreatie als belangrijke nevenfunctie.

In de richtlijn worden de volgende categorieën openluchtrecreatieactiviteiten onderscheiden (gebaseerd op Jurriëns):

- activiteiten die zeer geluidsgevoelig zijn (natuur- en landschapsbeleving);
- activiteiten die geluidsgevoelig zijn (verblijfsrecreatie en rustige vormen van dagrecreatie);
- activiteiten die matig geluidsgevoelig zijn (matig rustige vormen van dagrecreatie).

Voor deze categorieën zijn richtwaarden opgesteld (tabel 7) voor de geluidbelasting vanwege een (spoor)weg.

Tabel 7 Richtwaarde per activiteitscategorie

Activiteitscategorie	Richtwaarde
Zeer geluidsgevoelig	35 dB(A)
Geluidsgevoelig	45 dB(A)
Matig geluidsgevoelig	55 dB(A)

Het verdient aanbeveling om uit te gaan van de richtwaarde van de meest stilte-behoevende activiteit indien een openluchtrecreatievoorziening voor meer dan één activiteit wordt gebruikt. Is er sprake van verblijfsrecreatie dan dient de etmaalwaarde aan de richtwaarde te worden getoetst. Bij dagrecreatie wordt volstaan met het toetsen van de dagwaarde aan de richtwaarde.

In de circulaire wordt aanbevolen om voor alle wegen, ongeacht hun verkeersintensiteit, deze richtlijn toe te passen, dus ook voor wegen met een intensiteit lager dan 2450 motorvoertuigen per etmaal.

4 Mitigerende maatregelen

4.1 Inleiding

In Nederland hebben 47 grootschalige openbare recreatievoorzieningen een zware planologische bescherming gekregen. Dit houdt in dat het compensatiebeginsel op deze recreatiegebieden van toepassing is. Wanneer een ruimtelijke ingreep plaatsvindt die negatieve gevolgen heeft voor deze recreatiegebieden, dan treedt het compensatiebeginsel in werking. Één van deze negatieve gevolgen is het ontstaan van geluidhinder. Het compensatiebeginsel vereist dat de ontstane schade in eerste instantie via mitigerende maatregelen bestreden moet worden. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet welke geluidsbeperkende maatregelen ingezet kunnen worden om geluidhinder van weg- rail- en vliegverkeer te bestrijden, wat hun effecten zijn en wat hun kosten zijn.

Drie categorieën van geluidsbeperkende maatregelen kunnen onderscheiden worden. In paragraaf 4.2 worden de verschillende maatregelen aan de bron uiteengezet. De derde paragraaf gaat in op maatregelen in het gebied tussen bron en ontvanger, ofwel in de overdrachtssfeer, terwijl in paragraaf 4.4 de maatregelen bij de ontvanger uiteengezet worden. Het hoofdstuk wordt afgesloten met paragraaf 4.5 die een overzicht geeft van de verschillende maatregelen, ingedeeld naar verkeersvorm (weg-, rail- of vliegverkeer).

4.2 Bestrijding van het geluid aan de bron

Op lange termijn is de meest effectieve methode van geluidsbestrijding het reduceren van het geluid dat de bron produceert. Deze vorm van geluidsreductie brengt veelal niet slechts een lokaal effect teweeg, maar kenmerkt zich doorgaans door een algemene geluidbelastingverlaging. Doordat deze maatregelen veelal alleen via EG-voorschriften kunnen worden afgedwongen, kan slechts op indirecte wijze invloed worden uitgeoefend op de toepassing van deze maatregelen en het effect is eveneens slechts op lange termijn merkbaar. De bronnen die de meeste hinder in recreatiegebieden kunnen veroorzaken, zijn het weg-, rail- en vliegverkeer. Geluidsverlagende maatregelen ten aanzien van deze drie bronnen zullen in deze paragraaf in kaart worden gebracht.

4.2.1 Wegverkeer

Grootschalige recreatiegebieden bevinden zich voornamelijk buiten de bebouwde kom. Buiten de bebouwde kom zijn snelheden van 80 tot 120 km/uur toegestaan voor wegverkeer. Bij de beoordeling van de geluidsreducerende maatregelen aan wegverkeer dient hiermee rekening te worden gehouden. Bij maatregelen aan wegverkeer valt

te denken aan maatregelen aan voertuigen, maar ook aan maatregelen aan de weg. Ook op te stellen lokale verkeersplannen kunnen hiertoe gerekend worden.

4.2.1.1 Maatregelen aan voertuigen

Om een reductie van de geluidsoverlast te kunnen bewerkstelligen, is het van belang inzicht te hebben in de aspecten die tot geluidsproductie van wegvervoermiddelen leiden. Het door een motorvoertuig gemaakte geluid is een combinatie van verschillende geluiden, die op geheel verschillende wijzen ontstaan. Dit zijn:

- het motorgeluid;
- het rolgeluid;
- de carrosserie.

Motorgeluid

In de eerste plaats is er het geluid van de motor, dat afkomstig is van het motorblok, de in- en uitlaat, de ventilator en de versnellingsbak. In het algemeen is de hoeveelheid geluid die door deze bronnen geproduceerd wordt, groter naarmate de motor meer vermogen moet ontwikkelen. Vrachtwagens maken hierdoor meer lawaai dan personenauto's. Daarnaast oefent het toerental invloed uit op de geluidsemisatie van de motor. Vooral als de motoren een grote prestatie moeten leveren zijn de geluidsniveaus die de motor veroorzaakt hoog. Dit is het geval bij het optrekken, bij het tegen hellingen oprijden en in mindere mate bij afdalen. Jorritsma (1980) geeft weer dat bij hellingen met een stijgingspercentage van 3 à 4% het geluidsniveau een verhoging van 2 dB(A) ondergaat. Bij een hellingspercentage van 5 à 6% bedraagt de geluidsverhoging 3 dB(A). Wegen die in de nabijheid van recreatiegebieden worden aangelegd, dienen daarom zoveel mogelijk vlak te zijn. Hellingen en dalingen moeten vermeden worden.

Het stiller maken van motoren en het aanbrengen van een geluiddempende uitlaat levert alleen bij lagere snelheden (beneden 60-70 km/uur) een verbetering van het emissieniveau op. Boven de snelheid van 70 km/uur is het rolgeluid bepalend en is de 'winst' bij een stillere motor marginaal. Dit geldt overigens alleen voor personenauto's; voor vrachtauto's ligt het omslagpunt, waarbij het emissieniveau wordt bepaald door het rolgeluid, op circa 100 km/uur. De mogelijke verlaging van het geluidsniveau als gevolg van stillere motoren, zal voor personenauto's maximaal 4 tot 5 dB(A) bedragen bij een snelheid van 50 km/uur.

Typekeuringseisen maken het mogelijk om voertuigen stiller te maken. Deze typekeuringseisen kunnen alleen in EG-verband worden aangescherpt. Hoewel in EG-verband geprobeerd wordt het motorgeluid door middel van typekeuringen te reduceren, zijn de resultaten daarvan tot op heden weinig bevredigend, mede omdat het bereiken van internationale overeenstemming een moeizame aangelegenheid is (Buma, 1989).

Rolgeluid

Op de tweede plaats wordt het geluid van wegverkeer veroorzaakt door het contact tussen de band en de weg. De geluidsproductie van het rolgeluid is afhankelijk van de gereden snelheid; de geluidsoverlast door rolgeluid doet zich met name voor bij hogere snelheden. Vanaf een snelheid van globaal 60 km/uur gaat het bandengeluid het motorgeluid overheersen (Buma, 1989). De geluidsproductie is in sterke mate afhankelijk van het type wegdek. In de volgende paragraaf zal hier dieper op worden ingegaan. Naast het type wegdek speelt het profiel van de band een rol bij de geluidsproductie. Er is al veel onderzoek gedaan naar mogelijkheden om het bandengeruis te verminderen door een andere profielkeuze. Deze mogelijkheden blijken echter zeer beperkt te zijn, in verband met de eisen die uit het oogpunt van verkeersveiligheid worden gesteld aan de bandprofileringen.

Carrosserie

Een derde geluidsvorm die van belang is voor de totale geluidsproductie is het door aërodynamische oorzaken ontstane geluid rondom de carrosserie. Naarmate de snelheid groter is ontstaat meer aërodynamisch geluid. Dankzij de huidige, veelal in de windtunnel uitgebalanceerde stroomlijning van de voertuigen is op het gebied van de geluidbelasting door de wind nauwelijks meer winst te boeken. Geluiden zoals het rammelen en stoten van de carrosserie zijn bij de huidige vervoermiddelen vrijwel uitsluitend een zaak geworden van de egaliteit van het wegdek.

Conclusies

Recreatiegebieden bevinden zich veelal buiten de bebouwde kom. Op wegen in de nabijheid van deze recreatiegebieden zijn snelheden toegestaan van minimaal 80 km/uur. Van genoemde bronnen is daarom het rolgeluid door de banden de meest geëigende om aan te pakken. Aangezien ook bij een wijziging van het bandenprofiel weinig succes te boeken is, blijft de wegverharding waarover de voertuigen zich verplaatsen als mogelijkheid voor de bestrijding van geluidsoverlast over.

4.2.1.2 Maatregelen aan de weg

Diverse maatregelen kunnen onderscheiden worden:

- vervangen klinkers door asfalt;
- vervangen asfalt door zeer open asfaltbeton (ZOAB);
- laten verzinken van het wegtraject.

Klinkers

In het rapport 'Ondergrens voor de zonering van wegen' komt naar voren dat vervanging van klinkers door asfalt leidt tot een vermindering in geluidbelasting van ongeveer 4 dB(A).

ZOAB

Zeer open asfaltbeton (ZOAB) is een asfaltmengsel dat aangebracht wordt op een gesloten onderlaag die uit elk soort asfaltbeton kan bestaan. De belangrijkste voordelen van ZOAB boven andere typen deklaagmateriaal liggen op het gebied van de verkeersveiligheid en het verkeerslawaaai. Opmerkelijk is dat bij de keuze voor ZOAB, het oorspronkelijke motief verkeersveiligheid steeds meer verdrongen wordt door het motief geluidhinder.

Bij het reduceren van verkeerslawaaai zijn twee facetten van ZOAB van belang. Door de open structuur wordt het niveau van het band-wegdek geluid bij rijnsnelheden boven de 60 km/uur met ongeveer 3 dB(A) verlaagd ten opzichte van dicht asfaltbeton en zelfs met rond 7 dB(A) ten opzichte van een betonnen wegdek. Bovendien wordt het motorgeluid voor een deel geabsorbeerd, waardoor ook het niveau daarvan afneemt. Dit geldt overigens niet alleen voor het motorgeluid van rijdende voertuigen, ook voor stationair draaiende motoren (bijvoorbeeld in stilstaande files) is dat het geval. De absorberende werking is maximaal 2 dB(A). Conventioneel ZOAB kan overigens in de nabije toekomst nog aanzienlijk verbeterd worden. Het aldus verkregen superstil asfalt, een extreem fijne en éénkorrelige variant van rubberasfalt, geeft dan naar verwachting een geluidsreductie op doorgaande wegen, die rond 1,5 dB(A) beter is dan die van ZOAB (Buma, 1989).

Ook uit economische overwegingen biedt ZOAB voordelen. Uit rekenvoorbeelden in de VWB-Asfalt-brochure 'Asfalt en verkeerslawaaai' (1986) komt naar voren dat - uitgaande van een richtprijs van f 400 per m^2 voor een geluidwerende voorziening - met de eventuele verlaging van een geluidsscherf of met het achterwege kunnen laten daarvan, een besparing van tussen de f 60 en f 170 per m^2 wegverharding bereikt kan worden, dat wil zeggen per strekkende km weg bijna een half miljoen gulden (Buma, 1989). Hieruit blijkt dat de kosten van ZOAB rond de f 230 per m^2 liggen.

Verzinken

Het type dwarsprofiel van een weg heeft invloed op het geluidsniveau van een weg (tabel 8). Deze situatie treedt op bij een uitgangssituatie van 2000 motorvoertuigen/uur waarvan 15% bestaat uit vrachtwagens. De gemiddelde snelheid van personenauto's is 100 km/uur, terwijl voor vrachtwagens een gemiddelde snelheid van 80 km/uur geldt. De waarneemhoogte bedraagt 2 m boven maaiveld.

Tabel 8 Relatie tussen de hoogteligging van de weg en de afstand tot de weg

Afstand tot de weg (m)	Geen verzinking	-4,5 m	+1 m	+5,5 m
10	76	71	74	74
20	72	65	72	72
30	70	62	70	71
50	67	57	68	68
100	63	52	64	65

Conclusies

Een gunstig effect op het geluidsniveau heeft de verzinking van de weg ten opzichte van de omgeving. Een reductie van circa 8 dB(A) kan bereikt worden door toepassing van verzinking van 4,5 m. Ook als een weg hoger ligt dan de omringende omgeving zal in de directe nabijheid een reductie van het geluidsniveau optreden. Echter een verhoging van de weg heeft een ongunstigere situatie op grotere afstand tot gevolg.

4.2.1.3 Verkeersplannen op lokaal niveau

De volgende planmatige maatregelen brengen een lokaal geluidsreducerend effect teweeg:

- aanhouden lagere maximumsnelheid;
- verlaging percentage vrachtverkeer;
- verlaging verkeersintensiteit;
- verminderen aantal verkeersinstallaties.

Maximumsnelheid

De geluidsemissie van een voertuigstroom houdt verband met de gereden snelheid. Een verlaging van 20 km/uur van de gemiddeld gereden snelheid voor personenauto's op autosnelwegen heeft een afname van de geluidbelasting van circa 2 dB(A) tot gevolg heeft. Eenzelfde snelheidsvermindering van vrachtwagens heeft een geluidsverlaging van 4 dB(A) tot gevolg (Oosting, 1977).

Wegen in de nabijheid van recreatiegebieden hebben veelal als doel een snelle doorstroming over grotere afstand te bewerkstelligen. Op deze doorgaande wegen heeft beperking van de snelheid nabij recreatiegebieden consequenties voor de doorstroming. Niet alleen zal het verkeer zich minder snel verplaatsen, maar tevens is de kans op filevorming groter doordat de voertuigen massaal moeten afremmen.

Vrachtverkeer

Het emissiegehalte van het motorgeluid van vrachtwagens ligt hoger dan bij personenauto's. Het motorgeluid van vrachtwagens is daarom bepalend voor het totale geluidsniveau. Tabel 9 geeft een overzicht van het percentage vrachtwagens en de daarbij optredende verhoging van het totale geluidsniveau. Door instelling van lokale voorschriften ten aanzien van vrachtverkeer kan een geluidsreductie bewerkstelligd worden. Het is echter niet aan te bevelen om deze lokale voorschriften voor vrachtverkeer op auto(snel)wegen nabij recreatiegebieden te laten gelden. Het doel van deze wegen om de snelle doorstroming te bevorderen zou daarmee teniet worden gedaan.

Tabel 9 Geluidsniveauperhoging als gevolg van de verhoging van het percentage vrachtauto's (Naar Jaarsma, 1979)

Aandeel vrachtauto's in %	Verhoging geluidsproductie in dB(A) t.o.v. 0% vrachtauto's
0	-
10	+ 1
15	+ 2
20	+ 3
30	+ 4
40	+ 4-5
50	+ 5

Verkeersintensiteit

Verlaging van de verkeersintensiteit betekent minder geluidsbronnen, waardoor het equivalente geluidsniveau daalt. Een dergelijke mogelijkheid is voor auto(snel)wegen minder zinvol. In tabel 10 is aangegeven hoe een wijziging van de verkeersintensiteit samenhangt met een wijziging in het geluidsniveau.

Tabel 10 Geluidsniveauperandering als gevolg van een wijziging in de verkeersintensiteit (Naar Padmos, 1985)

Toename in %	Toename in dB(A)
+ 30	+ 1
+ 60	+ 2
+ 100	+ 3
- 20	- 1
- 40	- 2
- 50	- 3

Verkeersinstallaties

Plaatsing van een verkeersinstallatie kan leiden tot een toename van maximaal 2,5 dB(A) als gevolg van het feit dat optrekkend verkeer meer geluid produceert. Op doorgaande wegen, waarbij recreatiegebieden vaak liggen, bestaat veelal geen verkeerskundige noodzaak tot plaatsing van verkeersinstallaties. De discussie omtrent wel of niet plaatsen in het kader van geluidhinderbestrijding zal daarom niet snel aan de orde zijn.

Conclusies

Maatregelen die vallen onder het kopje 'verkeersplannen op lokaal niveau herstructureren' zullen in vergelijking tot de andere bronmaatregelen van wegverkeer minder snel toegepast worden bij grootschalige recreatievoorzieningen. Oorzaak hiervan is de veelal buitenstedelijke ligging van deze terreinen. Op rijkswegen en andere belangrijke (interlokale) verbindingswegen zou de dB-verlaging niet opwegen tegen de ongemakken die de maatregelen door de mobiliteitsdaling veroorzaken. Het behoeft geen betoog dat vooral voor de categorie rijkswegen het veelal niet mogelijk is door (lokale) verkeersplannen de verkeersintensiteit en daarmee de geluidbelasting te laten afnemen.

Maatregelen aan de motor kunnen veelal alleen in EG-verband worden afgedwongen en zijn slechts merkbaar bij lagere snelheid. Nabij recreatiegebieden zijn vaak hogere snelheden toegestaan, waarbij het rolgeluid het motorgeluid overstemd. De meest effectieve bronmaatregelen liggen daarom in de bestrijding van het rolgeluid. Dit is het beste mogelijk door het toepassen van ZOAB in combinatie met het laten verzinken van het wegtraject. Daarbij dient ernaar gestreefd te worden dat de weg zo vlak mogelijk aangelegd wordt. Hellingen en dalingen veroorzaken extra dB(A)'s.

4.2.2 Railverkeer

Het geluid van rijdende treinen wordt beheerst door drie verschillende fenomenen, die elk in een bepaald snelheidsgebied overheersen:

- Bij stilstand en bij snelheden tot 50 km/uur overheerst het motorgeluid, d.w.z. het geluid dat wordt opgewekt door de elektromotoren, tandwielkasten en koelluchtventilatoren.
- Bij snelheden tussen 50 en 300 km/uur is het rolgeluid het overheersende mechanisme. Het rollen van stalen wielen over een stalen rails veroorzaakt het kenmerkende treingeluid.
- Boven 300 km/uur wordt het rolgeluid in toenemende mate overstemd door aërodynamisch geluid. Dit ontstaat door versturende elementen in de luchtstroom langs de trein, waarbij turbulenties ontstaan.

In de meeste recreatiegebieden zijn geen stations aanwezig. Snelheden boven de 50 km/uur worden daarom uitsluitend gereden. In de nabijheid van recreatiegebieden zullen voornamelijk het rol- en aërodynamisch geluid overheersen. In de literatuur is geen informatie aangetroffen over mitigerende maatregelen ten aanzien van het motorgeluid van treinen. Onderzoeksresultaten van mitigerende maatregelen ten aanzien van rolgeluid en aërodynamisch geluid waren slechts in zeer beperkte mate voorhanden. Effecten van mitigerende maatregelen, uitgedrukt in aantal dB(A) en kosten zijn veelal niet aangetroffen.

Rolgeluid en andere geluidsmechanismen

Rolgeluid ontstaat als gevolg van ruwheid in het contactvlak tussen wiel en rail. Zowel het terugbrengen van de ruwheid van het wiel als van de rails heeft geluidsbeperving tot gevolg. Het loopvlak van nieuwe wielen en nieuwe rails is glad. Daarom dient het ontstaan van ruwheid op de wielen en rails te worden voorkomen. Deze ruwheid is het gevolg van de ongelijkmatige opwarming van de wielband, die ontstaat bij het remmen met blokkenremmen of schijfremmen. Bij blokkeremde treinen is de wielruwheid de factor die het rolgeluid bepaalt. Bij treinen met schijfremmen wordt het rolgeluid voornamelijk veroorzaakt door de railruwheid. Railruwheid kan verminderd worden door de rails te slijpen. Dit heeft een positief effect op de geluidsemisatie. Het effect is echter slechts van tijdelijke aard, waardoor het slijpen regelmatig herhaald dient te worden om het geluidsemisatie-niveau constant te houden.

Andere vormen van bronbestrijding liggen in het dempen van de trillingsenergie tussen rail en wiel. Belangrijk is dat rail en wiel gezien moeten worden als samenstellende delen van een geïntegreerd systeem. Als slechts één van beide componenten gedempt wordt, heeft dat over het algemeen een gering effect. De impedantie van wiel en rail wordt geoptimaliseerd door het wiel zo stijf mogelijk te maken in de verticale richting.

Ten slotte kan het geluid van wiel en rail nog worden afgeschermd. Bij de rail gebeurt dat door de 'ingegoten spoorstaaf' of door toepassing van lage schermplaten direct naast de rail. Afscherming is in de dagelijkse praktijk een veelvuldig toegepaste geluidsreducerende maatregel, omdat de bron van rolgeluid laag boven de grond is gelegen. Hierdoor kan met lage schermen al een flink resultaat worden verkregen. Voor het wiel kunnen remschijven een enigszins afschermdende werking hebben. Verder wordt schorten toegepast. Schorten houdt in dat de carrosserie doorloopt over de wielen tot vlak boven de rail.

Behalve rolgeluid treden bij rijdende treinen ook andere geluidsmechanismen op, die over het algemeen slechts lokaal uitwerken:

- De geluidsemissie van stoten in wissels en lassen wordt teniet gedaan door de toepassing van langgelast spoor.
- In krappe bogen ontstaat door slip en door aanlopen van de wielflens een piepend geluid. Dit wordt voorkomen door de toepassing van wijdere bogen, van afzonderlijk sturende assen in een draaistel en/of zelfs afzonderlijk sturende wielen aan een as, of door het smeren van het contactvlak. Piepen in bogen kan eveneens worden verminderd door dempen van het wiel en/of de rail. Hierbij worden spectaculaire reducties van 20 dB(A) gehaald (De Vos, 1996).

Aërodynamisch geluid

Aërodynamisch geluid overheerst bij zeer hoge snelheden boven 300 km/uur. De aërodynamische bronnen zijn wervelingen aan openingen tussen rijtuigen, aan de carrosserie van de trein, aan roosters en aan de stroomafnemer. Bij bronbestrijding gericht op verminderen van aërodynamisch geluid worden veelal technieken uit de vliegtuigbouw toegepast.

Conclusies

De bronbestrijding aan goederenmaterieel ondervindt vertraging, doordat goederenverkeer bij uitstek grensoverschrijdend is. Een operationele spoorwegmaatschappij zal niet snel geneigd zijn immense investeringen voor stil goederenmateriaal te doen, wanneer vanuit het buitenland voortdurend lawaaige wagens het land in komen, terwijl de eigen wagens elders verkeren. Om deze investeringsdrempel te ondervangen is er een streven naar het instellen van algemeen geldende Europese emissierichtlijnen. De vaststelling van Europese emissienormen, die vergelijkbaar zijn met de typekeuringseisen voor automobielen, wordt belemmerd doordat het nog ontbreekt aan een eenduidige meetmethode (De Vos, 1996).

4.2.3 Vliegverkeer

Bij maatregelen aan het vliegverkeer valt te denken aan maatregelen aan vliegtuigen en aan het herstructureren van vliegverkeersplannen.

4.2.3.1 Maatregelen aan vliegtuigen

In afwijking van de situatie bij het wegverkeer, waar in de omgeving van een druk bereden weg, dag-in-dag-uit nagenoeg dezelfde geluidssterkte wordt gevonden, met steeds een vrijwel vaste variatie over de uren van het etmaal, vertoont het geluidsbeeld bij een luchtvaartterrein een veel grotere variabiliteit. Het baangebruik immers is sterk afhankelijk van de windrichting: er wordt vrijwel steeds tegen de wind in geland en gestart. Bij de grotere luchthavens met vier of meer banen komt het dan ook veelvuldig voor dat er plaatsen zijn waar op sommige dagen vrijwel geen vliegtuigen hoorbaar zijn, terwijl op andere dagen de vliegtuigen 'niet van de lucht zijn'. Dezelfde variabiliteit in het geluidsbeeld is ook waarneembaar rondom militaire vliegbases, waar bijvoorbeeld in de weekends nauwelijks wordt gevlogen.

De belangrijkste geluidsbron van een vliegtuig is de aandrijving. Bij straalvliegtuigen zijn het de motor en de uitlaatgassen; bij propellervliegtuigen de motor en de propeller en bij helikopters de motor en de rotorbladen. Een andere geluidsbron is het geluid veroorzaakt door de lucht die langs het vliegtuig stroomt, het zgn. aërodynamische geluid. Dit geluid wordt bij de huidige vliegtuigen echter overstemd door het geluid van de aandrijving.

Bij civiele vliegtuigen is ten aanzien van de geluidsbeperkende maatregelen aan vliegtuigmotoren de laatste jaren de grootste vooruitgang geboekt, mede door de vaak zeer strenge milieueisen van enkele landen. De beperking van de geluidsproductie werd bereikt door de constructie en invoering van de zogenaamde omstromingsmotoren. Dit zijn turbofan-motoren met een zogenaamde 'by-pass' luchtstroom. Door toepassing van turbofan-motoren zijn de moderne civiele vliegtuigen ondanks grotere motorvermogens aanmerkelijk stiller dan de eerste verkeersvliegtuigen met straalmotoren.

Ook bij militaire straalvliegtuigen wordt de techniek van de turbofan-motoren toegepast. Het effect van de invoering van militaire jachtvliegtuigen voorzien van deze turbofan-motoren (onder andere de F-16 en F15) is reeds duidelijk merkbaar. Zo is de productie van geluid van de oudere generatie straalmotoren (van o.a. F-104 Starfighter en F-4 Phantom) hoger dan die van de F-16-motor, terwijl het vermogen van de laatste is toegenomen.

In de civiele luchtvaart is bij de ontwikkeling van de motortechniek een duidelijk streven te herkennen naar vermindering van de geluidsproductie. Ook de ontwikkeling van straalmotoren van militaire vliegtuigen laat dit - hoewel in mindere mate - zien. Dit heeft te maken met het feit dat het leveren van maximale prestaties voor het vliegtuig - zoals groot klimvermogen, hoge wendbaarheid, groot vliegbereik met een

zekere wapenlast - van primair belang blijft. Operationele overwegingen zullen dus de prestatie van militaire vliegtuigen blijven bepalen en daarmee ook het geluid (Overleggroep laagvliegroutes, 1990).

Ter oriëntatie zijn in tabel 11 indicaties gegeven over de $L_{A \max}$ van verschillende vliegtuigtypen op 300 m afstand van het vliegtuig.

Tabel 11 Aantal dB(A) op 300 m afstand dat diverse vliegtuigtypen bij start en landing uitstoten (Naar Kleinhoonte van Os, 1984)

Type vliegtuig	Start	Landing
DC 8-63	100	91
F 28 MK 6000	97	82
DC 9-30	95	85
B-747-200B	95	85
DC 7	94	80
DC 10-30	93	85
Lockheed Electra	89	80
F27	83	76
Piper Cherokee	70	60

4.2.3.2 Vliegverkeersplannen

Boven Noordoost-Nederland zijn sinds de jaren zeventig twee NAVO-laagvliegroutes gesitueerd. Deze routes vormen elk een verbinding tussen in het westen van Duitsland gelegen laagvlieggebieden. Ten aanzien van straaljagers die vliegen op deze militaire laagvliegroutes is in de literatuur een aantal mitigerende maatregelen aangetroffen die betrekking hebben op verandering van de vliegverkeersplannen. Door een ambtelijke overleggroep die bestaat uit vertegenwoordigers van diverse ministeries en provincies zijn de maatregelen beoordeeld op praktische uitvoerbaarheid. Het gaat hierbij om de volgende maatregelen:

- verhogen gebruik simulatietechnieken;
- invoering snelheidsbeperkingen;
- verminderen aantal vliegbewegingen;
- concentratie van vluchten op bepaalde tijden.

Simulatietechnieken

De jachtvliegers van de Koninklijke Luchtmacht maken jaarlijks naast de minimum-vliegnorm van 180 werkelijke vliegreuren gemiddeld 35 simulatoruren. Een laagvlieg-training in een simulator is niet een volledig representatief alternatief voor daadwerkelijke laagvliegtraining. De vlieger zal bijvoorbeeld in een gesimuleerde omgeving veel lager vliegen dan hij in werkelijkheid zou durven. Een intensievere toepassing van simulatoren heeft daarom vooral waarde voor de verbetering van de opleiding.

In hoeverre het aantal oefenvluchten kan worden gereduceerd kan de overleggroep niet goed inschatten. Dit is afhankelijk van het gebruik van simulatietechnieken door luchtstrijdkrachten van andere NAVO-landen en van de kwaliteit van 3D-simulatoren.

Snelheidsbeperkingen

Tijdens normale oefenmissies gedurende de zogenaamde navigatiefase, bedraagt de snelheid van straalvliegtuigen in het algemeen 420 knopen (780 km/uur). Tijdens specifieke oefeningen worden snelheden tot 450 knopen (840 km/uur) gevlogen. Dit is de maximale snelheid die is toegestaan op laagvliegroutes. De duur van deze fase is in vliegvoorschriften beperkt tot 3-5 minuten. In zeer incidentele gevallen wordt door de Chef Luchtmachtstaf toestemming gegeven om met hogere snelheid van maximaal 550 knopen (1020 km/uur) te vliegen. De geluidsniveaus die de verschillende snelheden met zich meebrengen is weergegeven in tabel 12.

Tabel 12 Geluidsniveau versus vliegsnelheid voor een F-4 Phantom op een hoogte van 75 m (100 knopen is circa 185 km per uur) (Naar Overleggroep Laagvliegroutes, 1990)

Snelheid (knopen)	Geluidsniveau (dB)
420	112
450	116
480	119
530	122
575	124

Uit onderzoek van de overleggroep is gebleken dat een beperking van de snelheden tot op zekere hoogte aanvaardbaar is. Het gaat hierbij om de volgende verlagingen:

- Een verlaging van de maximumsnelheid van 450 knopen (840 km/uur) tot 420 knopen (780 km/uur) bij regulier gebruik. Dit heeft een geluidbelastingverlaging van 4 dB(A) tot gevolg.
- Een verlaging van de maximum snelheid van 550 knopen (1020 km/uur) tot 480 knopen (890 km/uur) bij incidentele gevallen. Het gaat hierbij om snelheden die slechts na nadrukkelijke toestemming van de Chef Luchtmachtsstaf mogen worden gevlogen. Met deze maatregel wordt een geluidbelastingverlaging van eveneens 4 dB(A) bereikt.

Het nog verder terugbrengen van de minimumsnelheden is niet realiseerbaar, ten eerste omdat de veilige vluchtuitvoering in gevaar zou worden gebracht en ten tweede omdat dan een zodanige vermindering van de trainingswaarde zou worden bereikt dat niet meer voldaan zou worden aan het doel van de vliegroutes.

Vliegbewegingen

Inperking van het werkelijk te vliegen aantal laagvliegooperaties door de Koninklijke Luchtmacht is niet mogelijk, omdat dan de aanvaardbare operationele gevechtswaarde aangetast zou worden. Dit betekent dat in theorie drie mogelijkheden overblijven die leiden tot vermindering van het aantal vliegbewegingen op laagvliegroutes. De mogelijkheden zijn:.

- Beperking van het aantal laagvliegoperaties door buitenlandse vliegtuigen. Tweederde deel van de vluchten in Nederland wordt door de Duitse luchtmacht uitgevoerd. Beperking ten aanzien van de laagvliegroutes van buitenlandse vliegtuigen zouden daarom voornamelijk de Duitse luchtmacht treffen.
- Verplaatsing van binnenlandse operaties naar het buitenland. Deze mogelijkheden zijn beperkt, vanwege de bedrijfseconomische, logistieke en operationele nadelige consequenties.
- Uitvoering laagvliegroutes boven zee. Het nut van deze oefeningen is echter beperkt doordat de terreinkenmerken van de zee niet overeenkomen met de terreinkenmerken van het doelgebied. Hierdoor hebben oefeningen boven zee geen enkele trainingswaarde.

Vluchten

Laagvliegroutes zullen vooral als hinderlijk worden ervaren op tijden dat het weer goed is en veel mensen buiten verblijven. Dit zou in theorie de mogelijkheid geven de hinder te verminderen door het laagvliegen te concentreren op tijden, dat weinig openlucht recreatie plaatsvindt, dus op werkdagen en bij slecht weer en niet in de weekeinden of in de zomermaanden.

De Chef van de Luchtmachtstaf heeft de gebruiksperiode gelimiteerd. De laagvliegroutes mogen worden gebruikt van 8.00 uur tot 18.00 uur. Operaties op zaterdagen, zon- en feestdagen zijn niet toegestaan. Voorts is het gebruik van de laagvliegroutes door straalvliegtuigen op vrijdag na 12.00 uur verboden. Een verdere concentratie is niet mogelijk, omdat dit er enerzijds toe zou leiden dat vliegers gedurende een te lange periode de noodzakelijke training moeten ontberen en anderzijds zou op vliegbare dagen een grotere concentratie van vliegbewegingen op laagvliegroutes plaatsvinden (Overleggroep laagvliegroutes, 1990).

4.3 Maatregelen in het gebied tussen bron en ontvanger

Wanneer bronmaatregelen niet voldoende effect hebben, of praktisch niet haalbaar zijn, dan kunnen maatregelen in de overdrachtssfeer uitkomst bieden voor de geluidsbeperking. Geluidsbeperkende maatregelen voor weg- en railverkeer vertonen veel samenhang in effecten en kosten. Daarentegen wijken maatregelen in de overdrachtssfeer voor vliegverkeer sterk af van de maatregelen voor weg- en railverkeer. Deze paragraaf zal daarom eerst de mitigerende maatregelen die betrekking hebben op het weg- en railverkeer in kaart brengen. Daarnaast zal ingegaan worden op maatregelen ten behoeve van de geluidsbeperking van vliegverkeer.

4.3.1 Weg- en railverkeer

Bij deze maatregelen valt te denken aan het aanhouden van een afstand tussen bron en ontvanger en aan geluidsbeperkende voorzieningen.

4.3.1.1 Afstand tussen bron en ontvanger

Hoe groter de afstand is van een weg of spoor tot een recreatiegebied, des te zwakker is het geluidsniveau. Het geluid van het verkeer verspreidt zich namelijk in de ruimte en wordt onderweg steeds zwakker. Dat heeft vier oorzaken, te weten:

- afstandsverzwakking;
- luchtdemping;
- bodemdemping;
- vegetatiedemping.

In Nederland wordt een uniform model gehanteerd voor de berekening van de demping van geluid onderweg van bron naar ontvanger. Dit half-empirische, half-theoretische model is voor weg- en railwaaai vrijwel identiek. Op basis hiervan kan aangenomen worden dat de vier genoemde dempende effecten zowel op de geluidsemissie van weg- als railverkeer eenzelfde uitwerking hebben.

Afstandsverzwakking

Allereerst wordt het geluid 'dunner' naarmate de afstand tot de bron toeneemt. Dit wordt afstandsverzwakking genoemd. Het voorbeeld om dit duidelijk te maken, is het vallen van een steen in het water: rondom de plek waar de steen in het water viel, ontstaat een ringvormige golf die zich naar buiten toe uitbreidt. Naarmate de afstand tussen de ringen en de plek waar de steen in het water verdween toeneemt, wordt de golf lager en daardoor minder duidelijk te zien. Bij het geluid treedt dit verschijnsel niet in twee richtingen, maar in drie richtingen op. Bij lijnbronnen (weg- en railverkeer) bedraagt de afstandsverzwakking 10 dB(A) op 10 m en telkens 3 dB(A) bij verdubbeling van de afstand, zodat het oploopt tot 30 dB(A) op 1000 m (Nicolai, 1979).

Luchtdemping

De tweede oorzaak waardoor het geluidsniveau tijdens zijn gang door de ruimte lager wordt, is de luchtdemping. Luchtdemping wordt veroorzaakt door het feit dat het geluid energie moet leveren om zich in de ruimte voort te planten; die energie is nodig om de weerstand van de lucht te overwinnen. De luchtdemping is gering en frequentie- en weersafhankelijk. Ze is over afstanden van enkele honderden meters verwaarloosbaar ten opzichte van de afstandsverzwakking. Voor verkeerslawaai bedraagt de luchtdemping de eerste 200 m ongeveer 1 dB(A) per 100 m en vervolgens zo'n 0,5 dB(A) per 100 m (Hulshof, 1991).

Bodemdemping

De derde oorzaak waardoor het geluidsniveau dat men op een bepaalde plek ontvangt lager wordt, is de bodemdemping. De bodem is vrijwel nooit zo vlak, dat zij al het invallende geluid volledig terug kaatst. Allerlei oneffenheden - gras, struiken, bomen, schuttingen, huizen, dijken, enz. - absorberen een deel van het geluid. Boven een akoestisch hard oppervlak zoals bestrating of water is de bodemdemping nihil. Boven weiland of een bosbodem is er wel sprake van bodemdemping. Deze is frequentie- en weersafhankelijk en niet recht evenredig met de afstand. Bovendien is dit bodemeffect groter naarmate de bron en de waarnemer zich dichter bij het maaiveld bevinden (Hulshof, 1991).

Het is vanuit akoestisch oogpunt niet aan te bevelen om een auto(snel)weg of spoor naast waterpartijen op een recreatiegebied te situeren, omdat boven water geen bodemdemping plaatsvindt. De weg of rail kan het beste gesitueerd worden in de nabijheid van een zachte bodem of in de nabijheid van oneffenheden.

Vegetatiedemping

Onder vegetatiedemping wordt de demping door opgaande beplanting verstaan. Deze demping is frequentie- en weersafhankelijk en recht evenredig met de afstand. Naarmate de plantendelen groter zijn, kunnen zij lagere frequenties dempen. Hierdoor dragen de stammen in het bijzonder bij aan de reductie van het totale geluidsniveau van wegverkeerslawaaï, terwijl takken en bladeren vooral leiden tot een verschuiving van het geluidsspectrum in de richting van de lagere frequenties (Hulshof, 1991).

De ligging van (dichte) opgaande beplanting nabij een weg of spoor is gunstig voor het geluidsniveau in de rest van het gebied. Voor een optimaal effect van dergelijke beplanting is het van belang dat ze een tenminste 100 m brede ononderbroken strook vormt. Uiteraard zou het effect van een dergelijke aanplanting grotendeels bedorven worden door er rechte paden (geluidskanalen!) in de richting van geluidsbron naar ontvanger in aan te brengen.

Een specifieke vorm van vegetatiedemping is bosdemping. Uit promotieonderzoek aan de K.U. Nijmegen (o.a. Huisman, 1990) blijkt dat het effect van bos op de geluidsreductie in veel situaties beslist niet verwaarloosd mag worden. De verschillen tussen bostypen zijn echter groot en nog lang niet volledig bekend. De extra bodemdemping in bos en de vegetatiedemping geven tezamen het boseffect. Uit extrapolatie van meetresultaten met behulp van modelberekeningen door Huisman blijkt dat het boseffect op 100 tot 300 m van een weg tussen de 4 en 16 dB(A) ligt. Op afstanden van 300 m of meer van de weg, neemt het boseffect niet of nauwelijks meer toe en in sommige gevallen zelfs weer af. De samenhang van het boseffect met de bodem en vooral met de vegetatiestructuur blijkt maar moeilijk te vinden. Wel komen de bodem in een naaldbos en naalddragende takken tot op de grond vrij duidelijk als het beste geluiddempend naar voren. Ten aanzien van het geluiddempend effect van loofbossen wordt geconcludeerd dat indien sprake is van een dichte onderbegroeiing en een product van stammendichtheid en diameter groter dan 0,01 er grote zekerheid bestaat dat het effect zeer aanzienlijk is. Dit houdt in zo'n 10 dB(A) op 100 à 150

m mogelijk toenemend tot 12 dB(A) op 300 m bij een waarneemhoogte van ongeveer 1,5 m (Huisman, 1990).

Regelbeplanting versterkt het geluidsreducerend effect van bos. Het meest gunstige is een bos waarbij hoge bomen afgewisseld zijn met lage bomen en struiken. Op deze wijze ontstaat op alle niveaus boven het maaiveld tot en met de boomkruin geluid-dempende werking.

Wind en temperatuur

Wind kan het geluidsniveau op enige afstand van de bron sterk beïnvloeden. Doordat de wind vlak boven de grond wordt afgeremd, neemt de windsnelheid toe met de hoogte. Naarmate de wind harder is, neemt de wrijving over de bodem en daarmee ook de windgradiënt toe. Deze windgradiënt veroorzaakt een kromming van de weg die het geluid aflegt. Hierdoor kan aan de lizijde het effect van bodemdemping 5 dB(A) kleiner zijn. Ook kan het geluid makkelijker over de geluidwering heenbuigen. Met de verminderde afzwakking door overbuiging van het geluid onder invloed van de (heersende) wind moet vooral achter geluidsschermen en -wallen maar ook achter (smalle) beplanting rekening gehouden worden. Het is daarom raadzaam om geen grote open ruimtes zoals waterpartijen en of grasvelden op korte afstand van de bron achter geluidsbeperkende voorzieningen of beplantingen te situeren.

Aan de loefzijde kan het geluidsniveau sterk worden verlaagd, mogelijk met meer dan 20 dB(A) dicht boven de grond op 200 m afstand van de weg, en er kan zelfs een complete geluidsschaduw ontstaan. In verband met de meest voorkomende (zuid)westenwind is een locatie van de bron ten noordoosten van het recreatiegebied gunstiger dan één ten zuidwesten. Door hier rekening mee te houden bij de locatiekeuze kan de geluidhinder verder teruggedrongen worden (Hulshof, 1991).

Temperatuurgradiënten kunnen van invloed zijn op het geluidsniveau op enige afstand van de bron, omdat geluid zich sneller voortplant in warme dan in koude lucht. Het geluid van een bron wordt bij een normale temperatuurverdeling van de lucht - dat wil zeggen dat de lucht dicht bij de grond warmer is dan op enige hoogte - naar boven toe afgebogen. Hierdoor kan, net zoals bij windgradiënten, een kromming van het geluidspad optreden. In de praktijk blijkt dat scherpe temperatuurgradiënten zelden voorkomen door turbulenties die het gevolg zijn van wind. Alleen in windstille heldere nachten treedt er temperatuurinversie op wat leidt tot een hoger geluidsniveau op aanzienlijke afstand van de weg dan bij meer gebruikelijke weerssituaties (Hulshof, 1991).

Andere meteorologische omstandigheden zoals sneeuw, hagel, regen of mist hebben nauwelijks invloed op de geluidsvoortplanting door de lucht. Wel treedt bij vers gevallen sneeuw geluidverzwakking op, maar deze is het gevolg van grondabsorptie; het effect verdwijnt dan ook met het verharden van de sneeuw (Gomperts, 1979).

4.3.1.2 Geluidbeperkende voorzieningen

Om het geluidsniveau tussen bron en ontvanger te reduceren, kunnen geluidbeperkende constructies geplaatst worden. Tot de geluidbeperkende constructies worden aarden wallen en geluidschermen gerekend. In het navolgende zullen de soorten geluidbeperkende constructies, hun effecten en kosten worden besproken. Met betrekking tot de effecten moet voorop worden gesteld, dat een geluidbeperkende constructie nooit als enige factor werkt bij de reductie van het geluidsniveau. Andere factoren, zoals bodemgesteldheid, wind- en temperatuurgradiënt spelen steeds een rol. Medebepalend zijn voorts de afstand van de constructie tot de lawaaibron, de hoogte ervan en de mate van reflectie en absorptie. De invloed van afstandsverzwakkende factoren, zoals bodemgesteldheid, wind en temperatuur zijn reeds eerder behandeld. Onderstaand zal kort ingegaan worden op de overige beïnvloedbare factoren.

Afstand van de constructie tot de lawaaibron

Voor een zo groot mogelijk effect moeten wallen of schermen of dicht bij de bron of dicht bij de ontvanger worden aangelegd. Gebeurt dit niet, dan kan het geluid over de constructie heen weer naar de grond afbuigen, bijvoorbeeld onder invloed van de wind. In het praktische geval van geluidreductie op een grootschalige openbare recreatievoorziening zal de geluidwering dus dicht bij de bron moeten worden gesitueerd.

Reflectie en absorptie

Wanneer aan beide zijden van de weg recreatiegebied gesitueerd is, dan dienen geluidbeperkende constructies aan beide zijden van de weg te worden geplaatst. Bij het oprichten van schermen aan twee zijden van de weg doet zich echter het probleem van reflectie voor. Het geluid dat normaal aan de andere zijde zou 'uitdempen', wordt weerkaatst in de richting van de ontvanger. De schermwerking, waarop was gerekend, wordt hierdoor volledig teniet gedaan.

Het probleem van reflecties is oplosbaar. Een mogelijkheid is gebruikmaking van constructies die het geluid absorberen. De meeste wallen zijn geluidsabsorberend; schermen alleen als speciale geluidsabsorberende materialen verwerkt worden. Wanneer schermen onder een helling worden geplaatst, wordt het effect van reflecties ook gedeels weggenomen. Reflecterende schermen zijn schermen waarvan de geluidsabsorptie minder dan 4 dB(A) bedraagt. De geluidsabsorptie van absorberende schermen bedraagt meer dan 4 dB(A).

Geluidbeperkende voorzieningen hebben veelal een positief effect op de geluidreductie. Ondanks dat is de kritiek vanuit de samenleving ten aanzien van schermen niet van de lucht. Op het aspect beleving scoren geluidbeperkende constructies veelal zeer slecht. Uit onderzoek van de TU Delft (1982-1988) blijkt dat een scherm slechts positief gewaardeerd wordt wanneer de geluidsreductie minstens 10 dB(A) bedraagt (Kortbeek en Schoenmakers, 1990).

Om de negatieve belevingswaarde te bestrijden is de laatste tien jaar overgegaan op het ontwikkelen van groene geluidbeperkende voorzieningen, die wel het aanzien waard zijn. De acceptatie van deze constructiesoorten is vele malen groter vanwege het groene en levende karakter. Vooral nabij natuurlijke elementen (zoals recreatiegebieden) moet het uitgangspunt zijn dat de geluidbeperkende voorzieningen ook een natuurlijk karakter hebben (Stroband, 1990). De landschappelijke inpasbaarheid van groene geluidbeperkende voorzieningen in grootschalige recreatiegebieden ligt veel hoger dan de inpasbaarheid van conventionele betonnen en aluminium schermen. Om die reden worden enkel de groene geluidbeperkende voorzieningen in kaart gebracht. Dit zijn achtereenvolgens:

- aarden wallen;
- groeischerm model Sliedrecht;
- groeischerm A-model;
- korfconstructie systeem Riede;
- kooiconstructie MW-groeiwand;
- stapelconstructie met liggeropbouw;
- stapelconstructie met bakkenopbouw;
- houten begroenbare scherm;
- begroenbare schermen van beton.

De kosten die voor de diverse constructies worden uiteengezet hebben, ondanks pogingen om zoveel mogelijk vergelijkbare cijfers te presenteren, slechts een indicatieve betekenis. De hoogte van de aanlegkosten wordt namelijk beïnvloed door de plaatselijke omstandigheden. De onderhoudskosten zijn gebaseerd op de gemiddelden per jaar gedurende de eerste vijf jaar na aanleg. De onderhoudskosten hebben slechts een indicatieve betekenis omdat zij ondermeer beïnvloed worden door de keuze van de beplanting en de doelstellingen van het beheer. Zij hoeven niet systeemeigen te zijn (Aanen en Oostveen, 1990). De beschrijvingen van de constructies zijn, tenzij anders vermeld, ontleend aan het rapport 'Groene geluidbeperkende constructies?: ja, mits ..' (Rijkswaterstaat, 1990).

Aarden wallen

Aarden wallen zijn lichamen die bestaan uit een kern van grond of een ander vulmateriaal en die zijn afgedekt met een laag aarde, waarop begroeiing mogelijk is. Aarden wallen verschillen van schermen door hun brede basis. Dit betekent dat de aarden wal alleen toegepast kan worden als geluidbeperkende constructie, wanneer er voldoende ruimte beschikbaar is naast de bron (Corten en Beining, 1990).

De aarden wal kan een goedkope geluidwerende voorziening zijn, als het materiaal vanuit ontgravingen reeds op het werk aanwezig is. Een andere goedkope mogelijkheid ontstaat als de weg verdiept wordt aangelegd. Dan kan reeds met een geringe hoogte van de aarden wal ten opzichte van het maaiveld worden volstaan.

De meeste wallen zijn geluidsabsorberend. Als geluidsreductie van een wal worden schattingen gegeven van 20-25 dB(A) (Parlevliet, 1979).

Groeis scherm model Sliedrecht

Het model Sliedrecht was het eerste type wilgengroeis scherm. De naam is ontleend aan de situering van het eerste experimentele scherm langs de A15 bij Sliedrecht. Groeis schermen van dit type zijn opgebouwd uit een verticaal geplaatste cortenstalen golfplaat met een dikte van 1,0 mm. Aan de voor- en achterzijde bevinden zich wilgenslieten, die door middel van dwarslatten en verbindingsstrips tegen de golfplaat zijn geklemd. Aan de ontvangerszijde wordt het scherm gesteund door een hulpconstructie bestaande uit een doorgaande bovenbalk en schoren en perkoenen op een onderlinge afstand van 3 meter. De beplanting vervult een functie in het verzorgen van een groen uiterlijk van het scherm en levert een in de tijd toenemende constructieve bijdrage. Naar verwachting van de leverancier kan de hulpconstructie na verloop van tijd worden gemist.

Het model Sliedrecht is aanvankelijk vooral toegepast met de wilg als plantensoort. Het wilgengroeis scherm wordt opgebouwd uit levende wilgenslieten, die ontworteld worden geplant aan weerszijden van de golfplaat. Het scherm wordt opgebouwd uit verschillende wilgensoorten zoals Schietwilg, Katwilg en Amandelwilg. Wilgengroeis schermen kunnen alleen worden toegepast op de vochthoudende gronden.

De geluidsisolatie wordt bepaald door de massa van de cortenstalen plaat en bedraagt ongeveer 21 dB(A) bij een dikte van de plaat van 1 mm. De verwachting is dat de isolatie na 20 jaar zal zijn afgenomen door afname van de dikte van het staal en het ontstaan van spleten en gaten. Doordat de constructie uitgevoerd is met een enkele cortenstalen kern zal de afname van geluidsisolatie vermoedelijk sneller optreden dan bij het A-Model (dubbele cortenstalen kern). De constructie van het type Sliedrecht heeft een reflecterende werking en de stand van de cortenstalen kern is verticaal.

In het belevingsonderzoek van Lever wordt dit type scherm te Vinkeveen, gezien vanaf de weg, door alle respondenten 'zeer hoog' gewaardeerd. Deze waardering is bij dit type scherm vrijwel onafhankelijk van de omgeving en heeft vooral te maken met 'de kwaliteiten van het scherm zelf' in visueel ruimtelijk opzicht. Het natuurlijke karakter, de kleur en de goede inpassing in de omgeving zijn de bepalende factoren voor deze positieve waardering. De aanlegkosten van de groeis chermen langs RW2 (Vinkeveen) en RW8 (Zaanstad) zijn respectievelijk f 265 en f 302 per m². De onderhoudskosten van dit type scherm zijn respectievelijk f 6,60 en f 6,09 per m² per jaar.

Groeis scherm A-model

De kern van de geluidbeperkende constructie bestaat uit twee cortenstalen golfplaten van verschillende dikte (0,8 en 1,0 mm), die onder een hoek van 10 graden met de verticaal tegen elkaar worden gezet en waartegen beplanting wordt aangebracht. Zo ontstaat een constructie in de vorm van de benen van de letter A. Het is mogelijk de cortenstalen plaat aan de wegzijde te vervangen door een stalen net en de constructie inwendig te voorzien van geluidsabsorberend materiaal. De hoogte kan variëren van 2,5 tot 4,5 m.

De fundering van de constructie heeft plaats met behulp van inwendig toegepaste kniepalen. Deze fundering heeft de naam 'hulpconstructie' meegekregen, omdat er door de leverancier vanuit gegaan wordt dat de beplanting een in de tijd toenemend deel van de constructie voor haar rekening neemt. In de loop van de tijd zou de hulpconstructie dan gemist kunnen worden. De beplanting voor het groeischild volgens het A-model is vergelijkbaar met die voor het Model Sliedrecht. Aanvankelijk zijn veel wilgenschermen uitgevoerd. Tegenwoordig wordt een belangrijk deel van de schermen beplant met acacia en veldesdoorn. Deze plantensoorten gedijen goed op de iets drogere zandgronden. Zwarte els kan onder meer vochtige condities worden toegepast.

De geluidsisolatie van een groeischild A-model bedraagt bij aanleg 29 dB(A) (Van Reeuwijk, 1987). De verwachting is dat na 20 jaar de geluidsisolatie zal zijn teruggelopen door afname van de dikte van de stalen platen en het plaatselijk ontstaan van spleten en gaten. Het is niet bekend hoeveel de afname zal zijn. Of de afname van de geluidsisolatie ook merkbare akoestische gevolgen heeft, hangt af van de afname van materiaaldikte en de grootte van spleten en gaten en de in de specifieke situatie gestelde eis met betrekking tot de geluidbeperking. De constructie heeft een geluidreflecterende werking en is vanaf de wegzijde gezien licht 'achteroverhellend' geplaatst (hoek 10 graden).

De totale aanlegkosten, die betrekking hebben op de beide groeischilden, zijn voor het schild op de RW2 f 225 per m² en voor het schild op de RW12 f 241 per m². De onderhoudskosten per m² per jaar zijn respectievelijk f 6,48 en f 7,14.

Korfconstructie systeem Riede

De korfconstructie bestaat uit twee wanden van nagenoeg verticale (wilgen) houten palen, doorvlochten met horizontaal liggende wilgenslieten, waartussen grond wordt aangebracht. De verticaal geplaatste, aan de onderzijde gepunte wilgenpalen worden op een onderlinge afstand van 50 cm in de rij in de grond gestoken. Tussen deze palen worden in de landinrichting 2- tot 3-jarige wilgenslieten gevlochten, zodat er twee wanden ontstaan die onderling verbonden worden met spandraden om de druk van de vulgrond in de eerste jaren op te vangen. Het schild wordt in etages opgebouwd met een hoogte per etage van ca. 1 m. De maximale hoogte van dit type schild bedraagt 3,5 tot 4 m.

De toe te passen grondsoort dient te bestaan uit een goed verteerde en goed doorlatende humeuze grond. Voor de groei van de wilg is een goede vochtvoorziening van groot belang. Het vocht wordt gehaald uit de ondergrond en het grondmengsel tussen de twee wanden. Bij aanhoudende perioden van droog weer dient het substraat van vocht te worden voorzien door een kunstmatige vochtvoorziening. Voor de korfconstructie volgens het systeem Riede wordt alleen wilgenhout gebruikt. Voor de verticale wilgenpalen wordt gebruik gemaakt van de schietwilg. Voor de horizontale bleeslatten gebruikt men katwilg en amandelwilg. De in de grond gestoken wilgenpalen zullen moeten gaan wortelen en in de dikte toenemen waardoor de stevigheid van de constructie zowel onder- als bovengronds zal toenemen. De

horizontaal gevlochten wilgentenen zullen door contact met de aangebrachte grond eveneens gaan wortelen, waardoor een hecht geheel ontstaat.

De geluidsisolatie van deze constructie wordt bepaald door de vulling van het grondmengsel in de constructie. Deze vulling heeft een zodanige massa, dat een akoestisch onderzoek naar de geluidsisolatie achterwege kan blijven. De geluidsisolatie bedraagt meer dan 25 dB(A). Indien de massa van de vulling intact blijft, blijft de geluidsisolatie in de loop van de tijd gelijk. De constructie is als geluidsabsorberend te beschouwen. Aan de wegzijde en de ontvangerszijde is het scherm licht 'achteroverhellend' geplaatst, met een helling van ongeveer 6 : 1 (10 graden met de verticaal). De constructie van het Systeem Riede bevat geen 'harde' scherm delen en bestaat uit natuurlijke componenten. De horizontale ligging van de wilgenslieten is wel opvallend en karakteristiek voor dit schermtype.

De waardering van de constructie is afhankelijk van de hoeveelheid levend respectievelijk afgestorven plantmateriaal en de kijkrichting. Bij de schermen is het uitvalpercentage hoog tot zeer hoog. In het wegbeeld vanaf de weg is dit niet direct merkbaar, men kijkt als het ware langs de constructie. Aan de ontvangerszijde kijkt men tegen de constructie aan. Een hoog uitvalpercentage zal hier zeker merkbaar zijn en de beleving van de constructie nadelig beïnvloeden.

Van de korfconstructie aan de RW7 en Pleyroute zijn de aanleg- en onderhoudskosten bekend. De aanlegkosten zijn respectievelijk f 284 en f 256 per m² afscherming. De kosten voor onderhoud zijn voor beide korfconstructies gelijk en bedragen f 3,25 per m² per jaar.

Kooiconstructie MW-groeiwand

De MW-groeiwand is een groene geluidbeperkende constructie van maximaal 6 m hoog die het verkeerslawaai zowel reflecteert als absorbeert. De basis van de wand is een mengsel van onder andere turf, klei, compost en zand, waarin de planten wortelen. Dit grondmengsel wordt omgeven door UV-gevoelige gaasnetten, die voorkomen dat de grond uitspoelt in de eerste jaren. Onder invloed van de ultraviolette straling verliest het gaasnet haar kracht en kan het op den duur door diktegroei van de plantenwortels worden gebroken. Het geheel bevindt zich in een grovere stalen rasterconstructie, waarvan de stijlen in de bodem gefundeerd zijn (Corten en Beining, 1990).

Het grondmengsel heeft goede waterbufferende eigenschappen. In droge perioden moet echter water toegevoerd worden door middel van een irrigatiesysteem bovenin het scherm. In het grondmengsel kan een gevarieerde beplanting worden aangebracht. De samenstelling van het grondmengsel dient op de toe te passen beplanting te worden afgestemd. Soorten die gebruikt kunnen worden zijn snelgroeiende soorten zoals klimop, braam, botanische roos, hertshooi en stekelnoot. Deze beplanting heeft in principe een sterke groeikracht onder sterk wisselende klimaatomstandigheden.

De geluidsisolatie van de constructie wordt bepaald door de vulling van grondmengsel. De geluidsisolatie bedraagt bij aanleg meer dan 25 dB(A). Gedurende de

levensduur zullen geen akoestische 'lekken' mogen ontstaan door inklink van de vul-
ling. De geluidsabsorptie van dit schermtypen is nog niet bepaald volgens de GCW-
richtlijnen. Metingen in het buitenland, die vergelijkbaar zijn met de GCW-methode,
doen vermoeden dat dit type scherm een geluidabsorptie heeft van ca. 8 dB(A). Een
dergelijke absorptie is als goed te karakteriseren. De constructie is verticaal geplaatst.

De aanlegkosten van de MW-groeiwanden langs RW1 en RW28 verschillen
aanzienlijk. De aanlegkosten van de constructie bij RW1 bedragen f 465 per m². Voor
RW28 zijn de aanlegkosten f 680 per m². De onderhoudskosten zijn respectievelijk
f 14,25 en f 9,70 per m² per jaar. In de toekomst kunnen bijbehorende kosten
optreden wanneer de levensduur van het gaasdoek is bereikt en de beplanting onvol-
doende zou zijn ontwikkeld om het grondmengsel vast te houden. De hoogte van deze
bijkomende kosten is dus sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de beplanting
voordat de levensduur van het doek (6-8 jaar) is verstreken.

Stapelconstructie met liggeropbouw

Stapelconstructies van het type liggeropbouw bestaan uit relatief lange, op elkaar
gestapelde betonnen ligger-elementen. Aan de onderzijde zijn de liggers tamelijk
breed. Naar boven toe worden ze smaller. De lengte van de liggers kan oplopen tot
5 m, terwijl de breedte van de constructie kan variëren van 0,90 tot 1,80 m. De
betonnen liggers worden in het algemeen zodanig geconstrueerd dat ze zo weinig
mogelijk volume innemen en aan de buitenzijde zo weinig mogelijk beton laten zien.

De liggers zijn zodanig van vorm dat de open ruimte in de constructie kan worden
opgevuld met een grondmengsel dat in direct contact staat met de ondergrond van
de constructie. In droge perioden wordt veelal water toegevoerd via een vocht-
voorzieningsstelsel om de beplanting in leven te houden. Doorgaans vindt inzaaien
of het inplanten met een gevarieerd plantensortiment plaats. Soms wordt gepoogd
de beplanting spontaan te laten ontwikkelen.

De geluidsisolatie van de constructie wordt bepaald door de massa van het grond-
mengsel en de betonelementen. De constructie voldoet aan de zwaarste massa-eis
van de GCW-richtlijnen. De geluidsisolatie bedraagt bij een dichte grondvulling meer
dan 25dB(A). In principe neemt de geluidsisolatie na verloop van tijd niet af. De
geluidabsorptie van de constructie is nog niet bepaald volgens GCW-richtlijnen.
Metingen in het buitenland die vergelijkbaar zijn met de GCW-methode tonen aan
dat de constructie een geluidabsorptie heeft van ongeveer 6 dB(A). De verticale stand
van de constructie aan de wegzijde heeft geen effect op geluidreflectie, omdat het
materiaal als absorberend wordt beschouwd.

De aanlegkosten van de constructie langs RW27 en de Pley-route zijn slechts bij
benadering bekend. Voor RW27 zijn de aanlegkosten f 400 per m² en voor de Pley-
route bedragen de aanlegkosten f 440 per m². Aan beide constructies is de eerste
vijf jaar geen onderhoud verricht. De onderhoudskosten van beide constructies zijn, voor
de eerste 5 jaar dan ook nihil.

Stapelconstructie met bakkenopbouw

Stapelconstructies van het type bakkenopbouw zijn opgebouwd uit relatief kleine betonnen bakken, die in een bepaald verband op elkaar worden gestapeld. In de bakken wordt een grondmengsel aangebracht, waarin de beplanting zich kan ontwikkelen of kan worden aangebracht. Er zijn verschillende variaties in dit systeem ontwikkeld met rechte bakken, danwel ronde betonelementen. De elementen worden veelal 'koud' op elkaar geplaatst.

In tijden van langdurige droogte kunnen er problemen ontstaan met het vochtgehalte van de grondvulling. Daarom is vrijwel altijd een vochtvoorzieningsysteem noodzakelijk.

In het algemeen kan een gevarieerd plantensortiment worden toegepast. Daarbij is de samenstelling van het grondmengsel van belang. Voorts dient rekening te worden gehouden met de oriëntatie op de zon.

De geluidsisolatie van dit type constructie is vergelijkbaar met die van het type liggeropbouw. De geluidsisolatie wordt bepaald door de massa van het grondmengsel en de betonelementen. Bij een goede grondaanvulling bedraagt de geluidsisolatie meer dan 25 dB(A). Bij het op peil houden van de grondvulling neemt de geluidsisolerende werking na verloop van tijd niet af. Bij deze constructie kunnen door inklinking van de grondvulling of door uitblazen door wind geluidlekken ontstaan, die tot aanvulling van de vulgrond aanleiding geven. Een systeem van bakkenopbouw heeft, in tegenstelling tot een systeem van liggeropbouw, een geluidreflecterende werking. Er treedt geen geluidabsorptie op. Wanneer sprake is van verticale constructies, kan dit, afhankelijk van de situatie, een akoestische verslechtering geven van 0 tot ca. 6 dB(A), ten opzichte van reflecterende 'achteroverhellende' schermen aan weerszijden van de weg respectievelijk absorberende schermen.

De aanlegkosten liggen voor de constructie langs RW12 op f 535 en voor de constructie langs RW27 op f 366,-. De onderhoudskosten zijn respectievelijk f 5,22 en f 4,45 per m² per jaar.

Begroenbare schermen

Vrijwel alle 'gewone' schermtypen zijn in principe groen te maken, door in het maaiveld bij het scherm klimbeplanting (klimop, bruidssluier, e.d.) aan te brengen. Bij niet te gladde wanden zijn sommige plantensoorten in staat zich voldoende te hechten aan de wand en zijn hulpmiddelen niet nodig. In andere gevallen zijn klimconstructies van gaas of draad vereist (Aanen en Oostveen, 1990). Een apart irrigatiesysteem voor de beplanting is niet nodig. Het beheer dient erop gericht te zijn de beplanting, door het geleiden en regelmatig snoeien, in stand te houden. Gezien de aard van de beplanting kan worden opgemerkt dat specifieke problemen kunnen ontstaan door vorstschade en inwerking van strooizout (Chamuleau et al., 89). Meest voorkomende groene schermen zijn de houten en betonnen 'begroende' schermen.

Houten begroenbare scherm

De constructie van een houten begroenbaar scherm bestaat uit een houten schermconstructie waartegen of waarlangs beplanting groeit. De schermconstructie kan bijvoorbeeld bestaan uit een houten damwandconstructie aan de bovenkant afgewerkt met een gording. De houten constructie is bepalend voor de geluidwering.

Met betrekking tot de beplanting bestaan er verschillende mogelijkheden. Zo kunnen groenvoorzieningen nabij of tegen de schermconstructie worden geplaatst; echter ook het toepassen van klimplanten behoort tot de mogelijkheden. Begroeiing met leiplateau kan slechts geschieden met 'klimconstructies' van gaaswerken en draadconstructies. De keuze van de beplanting hangt mede af van de afstand tot de weg en de beschikbare ruimte. De samenstelling en kwaliteit van de grondlaag van de berm is van belang voor de groeiomstandigheden. Er is meestal geen speciale aandacht voor de vochtvoorziening noodzakelijk.

De geluidsisolatie van het hier bedoelde scherm bedraagt meer dan 25 dB(A). De constructies worden verticaal geplaatst, aan weerszijden van de weg. Dit is akoestisch minder gunstig dan reflecterende, achteroverhellende constructies aan weerszijden van de weg.

Gegevens over aanleg- en onderhoudskosten van het begroenbaar scherm zijn niet bekend. Wel zijn er schattingen gemaakt van de aanlegkosten van hardhouten (Azobé) schermen. Deze komen uit op circa f 400 per m². Voor zover hoeft, behoudens enige inboet, geen onderhoud te worden verricht. De onderhoudskosten zijn dan ook laag.

Begroenbare schermen van beton

Er zijn veel verschillende typen betonnen schermen denkbaar, waarbij de groenvoorzieningen een visueel ruimtelijk en/of ecologische betekenis hebben. De betonconstructie is bepalend voor de geluidwering. De groenvoorzieningen zijn aanvullend en dienen om het gewenste eindbeeld te verkrijgen. Vanwege de aanhechting van klimbeplanting dient het beton een speciale (meer ruwe) afwerking te krijgen. Het is ook mogelijk 'klimconstructies' van gaaswerken en draadconstructies aan te brengen voor begroeiing met leiplanten.

Afhankelijk van de situatie ter plaatse zijn de mogelijkheden voor beplanting velerlei. Toepassing van klimop vindt veel plaats. De groeiomstandigheden zijn daarbij afhankelijk van de grondsamenstelling ter hoogte van het maaiveld. Indien meer ruimte beschikbaar is kunnen ook andere plantensoorten worden toegepast. Aanvullende maatregelen voor de vochtvoorziening zijn veelal niet noodzakelijk.

De akoestische eigenschappen van het begroenbare betonnen scherm worden bepaald door het type scherm. De geluidsisolatie zal meer dan 25 dB(A) bedragen. De constructie kan als een verticaal geplaatst, reflecterend scherm beschouwd worden. Het geluid ontmoet voornamelijk de verticaal geplaatste betonnen keerwandelementen.

De aanlegkosten van het begroende betonnen scherm aan de RW28 te Zwolle bedragen in totaal ongeveer f 487 per m². Dit is een wat vertekend beeld in

vergelijking met andere geluidbeperkende constructies. De betonnen keerelementen vormen slechts aan een zijde een scherm, aan de bewonerszijde is een grondwal aangebracht. De kosten van de grondwal zijn verrekend in de totale aanlegkosten van de constructie. Wanneer deze grondwalpost niet meegenomen wordt, zouden de aanlegkosten f 425 per m^2 bedragen. De onderhoudskosten bedragen tussen de f 3 en f 4,50 per m^2 per jaar.

4.3.2 Vliegverkeer

Maatregelen in de overdrachtssfeer hebben voor vliegverkeer allen betrekking op het aanhouden van afstand tussen bron en ontvanger. Geluidbeperkende voorzieningen tussen bron en ontvanger hebben geen positieve invloed op het vliegverkeersgeluid. De maatregelen die in de literatuur gevonden zijn, zijn van toepassing op de laagvliegroutes van de Koninklijke Luchtmacht. Zij zijn beoordeeld door een ambtelijke overleggroep die bestaat uit vertegenwoordigers van diverse ministeries en provincies. De criteria waren de door het Ministerie van Defensie geformuleerde randvoorwaarden en de praktische uitvoerbaarheid. Een tweetal maatregelen is onderscheiden:

- beperking van de breedte van de routes;
- het plaatselijk verhogen van de minimum vlieghoogte.

Vliegroute

De breedte van de laagvliegroutes is bepaald op 2 nautische mijlen. Dit komt overeen met 3700 m. De overleggroep is tot de conclusie gekomen dat het terugbrengen van deze breedte om veiligheidstechnische en operationele redenen onaanvaardbaar is. Een breedte van 3700 m van de laagvliegroute betekent, dat de totale breedte van de strook grond die door de laagvliegroute wordt beïnvloed circa 5700 m bedraagt.

Vlieghoogte

In afwijking van de elders in het Nederlandse luchtruim geldende minimum vlieghoogte voor straalvliegtuigen van 300 meter bedraagt de minimum vlieghoogte op deze routes 75 meter boven hindernissen. Verhoging van de vlieghoogte met 225 m leidt tot een geluidsverlaging van 12 dB(A) recht onder het vliegtuig. Het geluidbelast gebied wordt echter vergroot. Een groter motorvermogen moet worden aangewend om de vlieghoogte te kunnen optrekken. Als gevolg van de grotere hoek waaronder het vliegtuig wordt waargenomen is de bodemdemping geringer.

Een deel van de overleggroep is van mening dat het plaatselijk verhogen van de route als uiterste maatregel achter de hand gehouden dient te worden om individuele knelpunten op te lossen, waar de hinder niet door andere maatregelen kan worden verminderd. Een ander deel van de overleggroep vindt dat de trainingswaarde en de vliegveiligheid van de laagvliegroutes door iedere plaatselijke verhoging te veel geweld wordt aangedaan (Overleggroep Laagvliegroutes, 1990).

4.4 Afscherming bij de ontvanger

De derde factor, die het geluidsniveau dat men ergens opvangt bepaalt, zijn de akoestische eigenschappen van de plek van ontvangst. Evenals maatregelen in de overdrachtssfeer hebben maatregelen bij de ontvanger veelal een lokaal effect tot gevolg. Omdat ieder recreatiegebied een specifieke locatie kent, zijn de maatregelen die een lokaal effect teweegbrengen het meest effectief op korte termijn.

Gevelisolatie

Het geluidsniveau dat men aan de buitenkant van een gebouw ontvangt, wordt alleen bepaald door het geluidsniveau dat de bron uitzendt en de demping die onderweg tussen de bron en de waarnemer optreedt. Het geluid dat men binnen een gebouw ontvangt heeft tenminste één barrière extra genomen: de buitenmuur van het gebouw. Voor de geluidsreductie van een gevel vormen naast kieren en ventilatie de ramen de zwakste schakel. De geluidsreductie van een gevel is dan ook afhankelijk van de weerstand die de ramen aan het geluid bieden; wanneer de ramen van een gebouw openstaan, is het geluidsniveau in het gebouw vrijwel gelijk aan dat buiten het gebouw; wanneer zij gesloten zijn en voorzien zijn van dubbel glas, is de geluidsreductie aanzienlijk.

Met het oog op het voorkomen van eventuele geluidhinder kan men, naast het min of meer 'geluiddicht' maken van gevels, de akoestische eigenschappen van het gebouw zelf verder vergroten door het bouwkundig ontwerp af te stemmen op de geluidsbron. Men kan de plattegrond zo indelen dat geluidgevoelige vertrekken aan de lawaai-arme kant komen en vertrekken die minder geluidgevoelig zijn, aan de lawaaiige kant.

Genoemde derde mitigerende factor heeft betrekking op geluidhinderbeperking in gebouwen. Aangezien dit onderzoek zich richt op geluidhinderbeperking voor dagrecreatie in grootschalige openbare recreatievoorzieningen, bestaat geen baat bij bronmaatregelen: de herrie in de openlucht blijft bestaan. Om die reden zal niet dieper op dit derde type maatregel ingegaan worden.

Zonering van functies

Een andere vorm van afscherming bij de ontvanger vindt plaats via de zonering van functies. Uitgaand van de geluidgevoeligheid is het meest voor de hand liggende zoneringsprincipe dat principe, waarbij de minst extensieve en minst geluidgevoelige functies het dichtst bij de geluidbron komen te liggen. Hierdoor kan de relatieve stilte op enige afstand van de verkeersverbinding behouden blijven, zodat alle recreanten daar op hun tijd van kunnen genieten. Dit betekent niet dat het gros van de bezoekers op een bepaald moment (omdat zij in het dichtst bij de bron gelegen gebied vertoeven) een aanzienlijke mate van geluidhinder voor lief moeten nemen. Want als er in het meest intensief gebruikte deel sprake is van een (te) hoge geluidbelasting dan dient de zonering gecombineerd te worden met aanvullende maatregelen.

4.5 Overzicht mitigerende maatregelen, effecten en kosten

Paragraaf 4.5 geeft een overzicht van de mogelijke mitigerende maatregelen aan diverse verkeersvormen, hun effecten en kosten. Uit de tabellen 13, 14 en 15 blijkt dat de kosten niet altijd van toepassing zijn (zie n.v.t.). Ook komt het voor dat de kosten niet specificeerbaar zijn (zie n.s.). Dit is vooral het geval bij de wegverkeersmaatregelen die een algemene geluidsbelasting teweegbrengen. Kosten hiervan kunnen niet voor een bepaalde locatie berekend worden. Wanneer de kosten wel berekend kunnen worden maar niet in de geraadpleegde literatuur in kaart zijn gebracht, dan is dit aangegeven in de tabellen met het woord onbekend.

Tabel 13 geeft weer welke maatregelen voor wegverkeer toegepast kunnen worden om een geluidsbelastingverlaging te bewerkstelligen, met hun effecten en kosten.

Voor wegverkeer is het mogelijk voor verschillende situaties het equivalente geluidsniveau te berekenen. Hiertoe dient een eenvoudige berekeningsmethode gebruikt te worden die door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH ontwikkeld is. De berekeningsmethode is uitgebeeld in figuur 2. Door aan de drie factoren:

- intensiteit van het verkeer;
- snelheid van het verkeer;
- afstand weg-ontvanger;

een waarde toe te kennen kan in figuur 2 het equivalente geluidsniveau op 2 m boven maaiveld afgelezen worden. Het aantal dB(A) dat afgelezen wordt geldt voor één specifieke uitgangssituatie waarop de volgende omstandigheden van toepassing zijn:

- vrachtwagenpercentage van 15%;
- asfaltverharding;
- begroeiing van gras;
- vlak wegdek;
- geen hoogteligging;
- normale atmosferische omstandigheden (Jaarsma, 1979).

Wanneer de werkelijke omstandigheden verschillen van de omstandigheden in de uitgangssituatie die hierboven is weergegeven, dan dienen correcties op het afgelezen geluidsniveau gemaakt te worden. Hiertoe dient gebruik te worden gemaakt van tabel 13. In deze tabel zijn de omstandigheden van de uitgangssituatie als uitgangspunt genomen. Een voorbeeld maakt de berekening van het equivalente geluidsniveau duidelijk.

Op een bepaalde situatie zijn de volgende omstandigheden van toepassing:

De verkeersintensiteit is 2000 voertuigen per uur, waarvan 20 % vrachtwagens zijn. De snelheid van de personenauto's ligt op 100 km/uur terwijl de vrachtwagens een snelheid van 80 km/uur hebben. Tussen de weg en de ontvanger ligt een 50 meter brede strook matige begroeiing en een 100 meter brede strook grasland. De verharding bestaat uit asfalt. Er is geen helling.

Gevraagd: het equivalente geluidsniveau op 150 meter afstand van de weg.

Tabel 13 Overzicht van de soort maatregelen van wegverkeer naar verschil in dB(A) en kosten

Soort maatregel	Toename dB(A)	Afname dB(A)	Kosten (f)	
Vrachtwagenpercentage (t.o.v. 15 %) ¹		- 1		
- 10 %			n.v.t.	
- 20 %	+ 1		n.v.t.	
- 30 %	+ 2		n.v.t.	
- 40 %	+ 2 à 3		n.v.t.	
- 50 %	+ 3		n.v.t.	
Verharding (t.o.v. asfalt) ¹				
- klinkers	+ 4		onbekend	
- beton	+ 4		onbekend	
- ZOAB		- 5	230 per m ²	
- superstil asfalt		- 6,5	onbekend	
Begroeiing per 100 m (t.o.v. gras) ¹				
- geen (water, steen, etc)	+ 3		onbekend	
- matige begroeiing		- 3	onbekend	
- normaal bos		- 10	onbekend	
- regelbeplanting		- 16	onbekend	
Hellingen (t.o.v. vlak wegdek) ¹				
- 3 tot 4 %	+ 2		onbekend/ n.s.	
- 5 tot 6 %	+ 3		onbekend/ n.s.	
Hoogteligging weg (t.o.v. geen) ¹				
- zie tabel 8			onbekend/ n.s.	
Aanwezigheid stoplichten ¹	+ 2,5		onbekend/ n.s.	
Atmosferische omstandigheden (t.o.v. normale) ¹				
- wind uit bronrichting	+ 20 (max.)		n.v.t.	
- wind uit ontvangerrichting		- 5 (max.)	n.v.t.	
- temperatuurstijging	+ 1 (max.)		n.v.t.	
Invoeren typekeuringseisen motorgeluid		- 5	n.s.	
Verminderen bandenprofiel		- 0 à 1	n.s.	
Uitbalanceren carrosserie		- 0 à 1	n.s.	
Geluidsreducerende constructies			aanleg ²	onderhoud ³
- Aarden wallen		- 20 tot 25	onbekend	onbekend
- Model Sliedrecht		- 21	265-302	6,60-6,09
- A-model		- 29	225-241	6,48-7,14
- Systeem Riede		- 25	256-284	3,25
- MW-groeiwand		- 25	465-680	14,25-9,70
- Liggeropbouw		- 25	400-440	geen
- Bakkenopbouw		- 25	366-535	5,22-4,45
- Houten begroenbaar scherm		- 25	400	geen
- Betonnen begroenbaar scherm		- 25	425	3,00-4,50

¹ Deze gegevens zijn correcties op de uitgangssituatie van figuur 1.

² De aangeduide kosten hebben slechts een indicatieve betekenis. De hoogte van de aanlegkosten wordt namelijk beïnvloed door de plaatselijke omstandigheden.

³ De onderhoudskosten zijn gebaseerd op de gemiddelden per jaar gedurende de eerste vijf jaar na aanleg. De hoogte van de onderhoudskosten wordt ondermeer beïnvloed door de keuze van de beplanting en de doelstellingen van beheer. Zij hoeven niet systeem-eigen te zijn en hebben dus slechts een indicatieve betekenis.

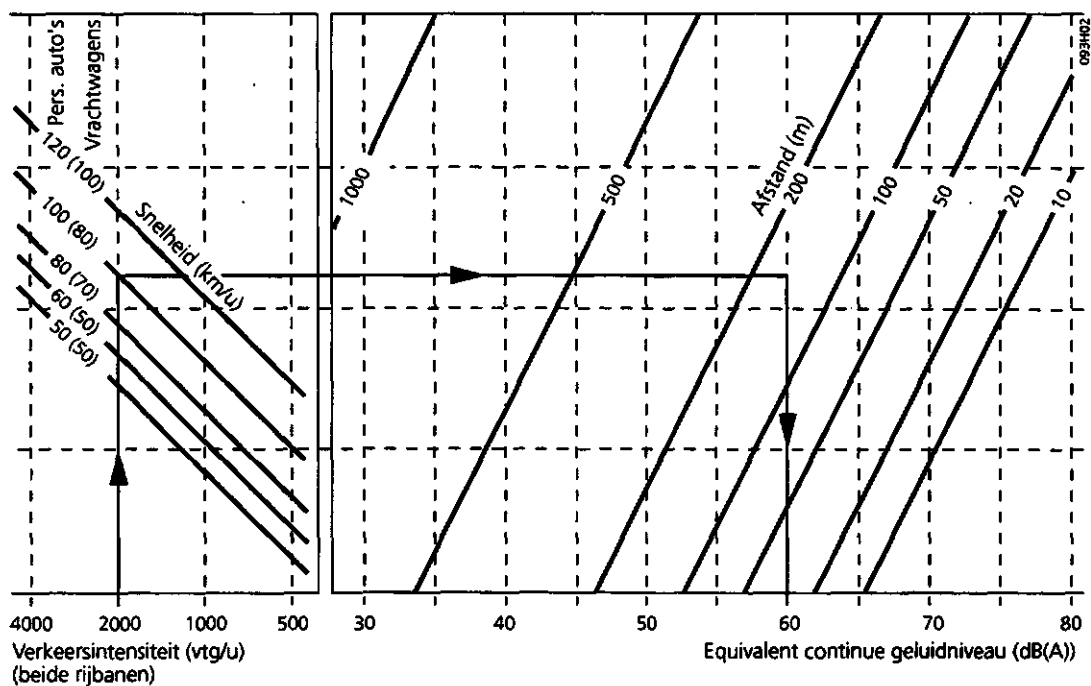


Fig. 2 Verband tussen verkeersintensiteit, -snelheid en afstand uitgedrukt in dB(A) (uit Jaarsma, 1979)

Uit figuur 2 volgt dat uit een verkeersintensiteit van 2000 voertuigen per uur, een snelheid van 80 (vrachtauto's) en 100 (auto's) km/uur en een afstand van 150 meter tot de weg een equivalent geluidsniveau van 60 dB(A) naar voren komt.

Een tweetal correcties dient uitgevoerd te worden omdat de uitgangssituatie voor enerzijds vrachtwagenpercentage en anderzijds begroeiing niet overeenkomt met de werkelijke situatie:

- 20% vrachtauto's : + 1dB(A)
- matige begroeiing $50/100 * -3$ dB(A) : - 2 dB(A)

Het te verwachten geluidsniveau op 2 meter boven maaiveld is derhalve $60 + 1 - 2$ dB(A)= 59 dB(A).

Tabel 14 geeft een overzicht van de mitigerende maatregelen die betrekking hebben op railverkeer. Het gaat zowel om maatregelen aan de bron als maatregelen in de overdrachtssfeer.

Tabel 14 Overzicht van de soort maatregelen van railverkeer naar verschil in dB(A) en kosten

Soort maatregel	Afname dB(A)	Kosten (f)	
Verlagen motorgeluid	onbekend	n.s.	
Slijpen rails	onbekend	onbekend	
Dempen trillingsenergie tussen rail en wiel	onbekend	onbekend/ n.s.	
Ingieten spoorstaaf	onbekend	onbekend	
Plaatsen lage schermpjes naast de rail	onbekend	onbekend	
Schorten carrosserie	onbekend	n.s.	
Toepassen ingelast spoor	onbekend	onbekend	
Dempen van wiel en/of rail	- 20 (max)	n.s.	
Afstandsverzwakking			
- eerste 100 m	- 10	n.v.t.	
- vanaf 100 m bij afstandsverdubbeling	- 3	n.v.t.	
Luchtdemping			
- eerste 200 m per 100 m	- 1	n.v.t.	
- vanaf 200 m per 100 m	- 0,5	n.v.t.	
Bodem- en vegetatiedemping (minimaal 100 m brede strook)			
- gras	- 2	onbekend	
- matige begroeiing	- 5	onbekend	
- bos	- 10	onbekend	
- regelbeplanting	- 16	onbekend	
Wind			
- wind uit bronrichting	+ 20 (max.)	n.v.t.	
- wind uit ontvangersrichting	- 5 (max.)	n.v.t.	
Temperatuur	- 0 à 1	n.v.t.	
Geluidsreducerende constructies			
- Aarden wallen	- 20 tot 25	aanleg ¹	onderhoud ²
- Model Sliedrecht	- 21	onbekend	onbekend
- A-model	- 29	265-302	6,60-6,09
- Systeem Riede	- 25	225-241	6,48-7,14
- MW-groeiwand	- 25	256-284	3,25
- Liggeropbouw	- 25	465-680	14,25-9,70
- Bakkenopbouw	- 25	400-440	geen
- Houten begroenbaar scherm	- 25	366-535	5,22-4,45
- Betonnen begroenbaar scherm	- 25	400	geen
		425	3,00-4,50

¹ De aangeduide kosten hebben, ondanks pogingen om zoveel mogelijk vergelijkbare cijfers te presenteren, slechts een indicatieve betekenis. De hoogte van de aanlegkosten wordt namelijk beïnvloed door de plaatselijke omstandigheden.

² De onderhoudskosten zijn gebaseerd op de gemiddelden per jaar gedurende de eerste vijf jaar na aanleg. De hoogte van de onderhoudskosten wordt ondermeer beïnvloed door de keuze van de beplanting en de doelstellingen van beheer. Zij hoeven niet systeem-eigen te zijn en hebben dus slechts een indicatieve betekenis.

In tabel 15 zijn de maatregelen in kaart gebracht die genomen kunnen worden om de geluidsuitstoot door vliegverkeer te verminderen.

Tabel 15 Overzicht van de soort maatregelen van vliegverkeer naar verschil in dB(A) en kosten

Soort maatregel	dB(A) afname	Kosten
invoeren turbofan-motoren	onbekend	n.s.
verhogen gebruik simulatietechnieken	n.v.t.	n.v.t.
invoeren snelheidsbeperkingen:		
- van 450 tot 420 knopen	- 4	n.v.t.
- van 550 tot 480 knopen	- 4	n.v.t.
verminderen aantal vliegbewegingen	n.v.t.	n.v.t.
concentreren vluchten op bepaalde tijden	n.v.t.	n.v.t.
beperken breedte routes	onbekend	n.v.t.
plaatselijk verhogen minimum vlieghoogte	onbekend	n.v.t.

5 Het compensatiebeginsel

5.1 Toepassing van het compensatiebeginsel

Uitgangspunt van het compensatiebeginsel is het opheffen van de negatieve effecten van een ingreep op een zodanige wijze dat sprake is van geen netto-verlies aan areaal en kwaliteit. Concreet voor dit onderzoek houdt dit in dat ontstane geluidsniveaus in grootschalige openbare recreatievoorzieningen als gevolg van de aanleg van wegen, spoorlijnen en vliegroutes teruggebracht moeten worden tot de niveaus die voor aanleg golden. Het terugbrengen van de geluidsniveaus dient in eerste instantie bereikt te worden via mitigerende maatregelen. Mitigerende maatregelen zijn in belangrijke mate gericht op het verkleinen van het areaal van recreatiegebieden waarbinnen de geluidsniveaus zijn toegenomen als gevolg van de aanleg van wegen, spoorlijnen en vliegroutes. Indien deze geluidsbeperkende maatregelen onvoldoende effect hebben, dan dienen tevens compenserende maatregelen te worden genomen.

Compenserende maatregelen richten zich op het areaal waarop, na het treffen van eventuele mitigerende maatregelen, nog nadelige effecten resteren. De omvang van het te compenseren areaal wordt bepaald door de geluidsniveaus die hoger zijn dan de niveaus die voor de aanleg golden. Volgens Logemann van de Stichting Natuur en Milieu (1995) is zelfs een groter areaal zinvol, omdat compensatie anders zou moeten plaatsvinden door zeer hoge geluidsschermen te plaatsen. Een combinatie van een lager scherm en een groter gebied heeft dan uit oogpunt van landschappelijke inpassing de voorkeur.

De VAROR (1993) stelt in haar advies dat compensatie bij voorkeur in fysieke vorm in de nabijheid van de aangetaste oppervlakte moet worden geboden. De initiatiefnemer van de ingreep is verantwoordelijk voor zowel de aanschaf van het nieuwe oppervlak als voor de inrichting van dit oppervlak. De inrichting dient zoveel mogelijk aan te sluiten bij de inrichting van het verloren gegane areaal, inclusief bijbehorende utiliteitswerken zoals riolering. Een natuurpad en een natuurkampeerterrein mogen dus niet worden gecompenseerd door een manege en een bungalowterrein, tenzij op vergelijkbare wijze en in vergelijkende mate wordt bijgedragen aan de recreatieve gebruiks- en belevingswaarden. De toegankelijkheid, de bereikbaarheid en de landschappelijke inpassing dienen met het verloren gegane gebied vergelijkbaar te zijn. Alleen dan kan sprake zijn van geen netto-verlies aan areaal en aan kwaliteit.

Wanneer compensatie in de directe omgeving redelijkerwijs niet of niet voldoende mogelijk is of leidt tot onaanvaardbare procedurele vertragingen, dan is volgens het Structuurschema Groene Ruimte compensatie elders of in geld aanvaardbaar.

5.2 Financiële compensatie

De omvang van de financiële compensatie wordt bepaald aan de hand van een aantal stappen en eenheidsprijzen. Bij de berekening van de financiële compensatie wordt:

1. voor de inrichting van vervangende grond uitgegaan van de reële grondprijzen van vervangende landbouwgrond en van de kosten van inrichting die nodig zijn om een met het verloren gebied vergelijkbaar inrichtingsniveau te verkrijgen;
2. een ophogingsfactor toegepast die gebaseerd is op de reële overheadkosten die de overheid moet maken om de compensatie van de initiatiefnemer te regelen.

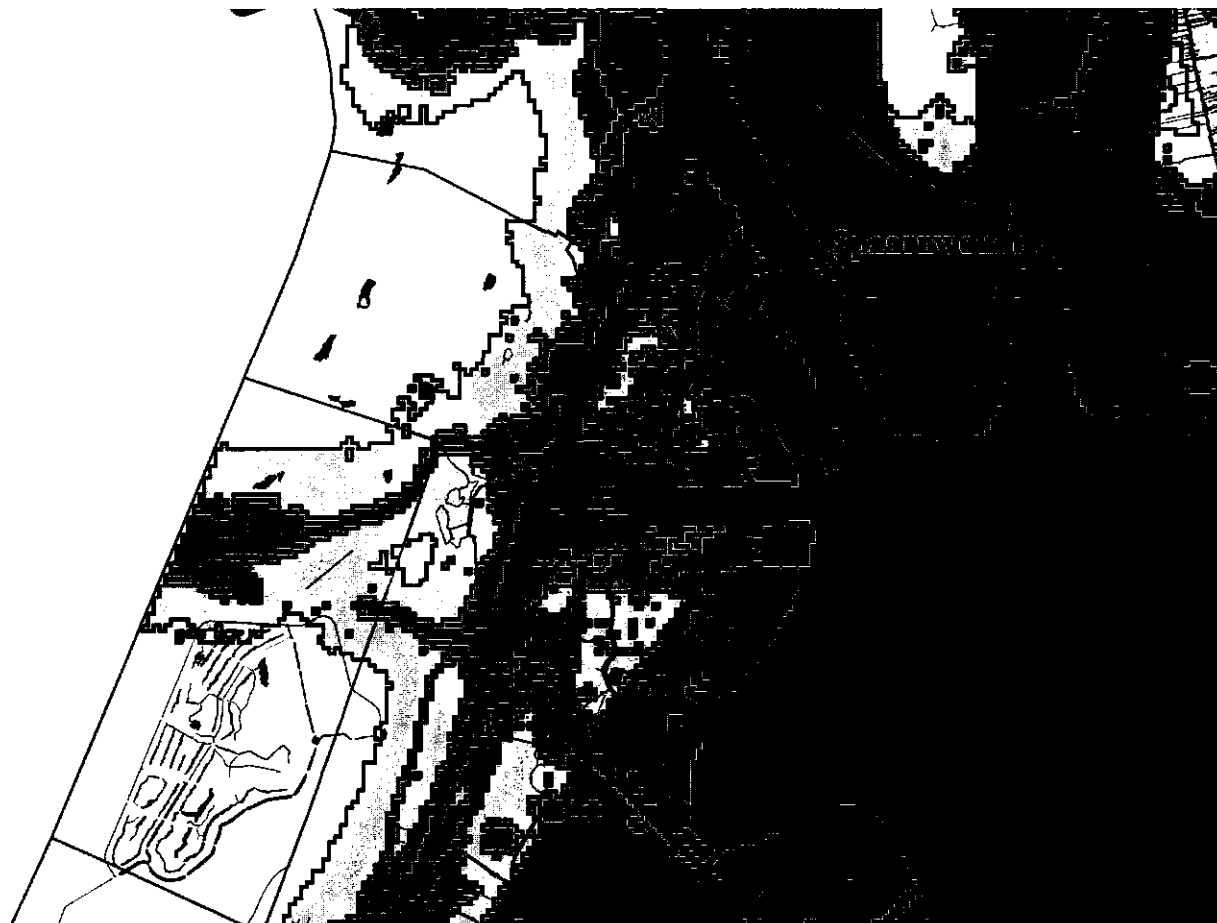
Naast het opheffen van het verlies aan areaal en kwaliteit dient de initiatiefnemer een toeslag aan de terreinbeheerder te betalen om het vervangende gebied eenzelfde kwaliteitsniveau te geven als het verloren gegane gebied. Recreatiegebieden behoren tot de categorie 'snel vervangbaar'. Dit houdt in dat voor recreatiegebieden een toeslag van één derde van de kosten van de fysieke compensatie geldt. Op basis van een overeenkomst krijgt de terreinbeheerder jaarlijks een gedeelte van dit bedrag tot zijn beschikking om kwaliteitsverbeteringen te realiseren.

De financiële compensatie dient tezamen met de toeslag voor fysieke compensatie in het Groenfonds gestort te worden. Voor recreatiegebieden is dit totale bedrag aldus 1 1/3 deel van de financiële compensatie.

Tot nu toe is er een aantal gebieden waar het compensatiebeginsel kan worden toegepast. Grote infrastructurele werken zoals de Hoge SnelheidsLijn (HSL) en de Betuweroute komen hiervoor in aanmerking. Ook de uitbreiding van Schiphol en het ROM-Rijnmondgebied komen in aanmerking voor toepassing van het compensatiebeginsel. De Grontmij voert momenteel een onderzoek uit waarbij nagegaan wordt op welke wijze reeds het compensatiebeginsel is toegepast.

In het recreatiegebied Spaarnwoude (2750 ha) is het compensatiebeginsel in verband met de uitbreiding van Schiphol toegepast. Op basis van geluidzones van het RIVM uit 1995 (figuur 3) blijkt dat heel Spaarnwoude in geluidzones ligt van meer dan 56 dB(A) en delen zelfs in geluidzones van meer dan 65 dB(A). Na te hebben vastgesteld dat de uitbreiding van Schiphol een zwaarwegend maatschappelijk belang betreft en mitigerende maatregelen niet het beoogde effect op kunnen brengen, is besloten om het kwaliteitsverlies te compenseren in de vorm van een financiële bijdrage in het Groenfonds. Deze bijdrage is gesteld op f 40 miljoen. Dit komt neer op een bedrag van f 14 500 per hectare.








Door de aanleg van de Betuweroute komt het Lingebos volledig in de geluidsrijke geluidzones te liggen en moeten enkele kampeerterreinen worden verplaatst. Ook het recreatieve netwerk van wandel-, fiets- en kanoroutes wordt door de aanleg van de spoorlijn aangetast. De ANWB heeft berekend dat een bedrag van f 100 miljoen nodig is ter compensatie van het recreatieverlies in het rivierengebied.



0 2 4 6 Kilometers



Legenda

-  Gemeentegrens
-  Recreatiegebied
-  Overig water > 6 m.
- Geluidzone
-  < 40 dB(A)
-  41 - 55 dB(A)
-  56 - 64 dB(A)
-  > 65 dB(A)

Bronnen:

RIVM
CBS
IBN-DLO

Kartografie: SC-DLO



Fig. 3 Geluidzones van 1995 rond Spaarnwoude en Haarlemmermeerse Bos

Het is onduidelijk op basis van welke redeneerlijnen het geldbedrag van bovenstaande voorbeelden is gebaseerd. Bij de toepassing van het compensatiebeginsel is het echter wel van belang om inzicht te krijgen in de bepaling van de hoogte van het geldbedrag. De bepaling van de hoogte van het geldbedrag is geen eenvoudige zaak en kan sterk per recreatiegebied verschillen.

5.3 Fictief voorbeeld van fysieke of financiële compensatie

In deze paragraaf wordt geprobeerd een redeneerlijn op te zetten die te gebruiken is bij de bepaling van de fysieke compensatie en bij de bepaling van de financiële compensatie. Dit wordt gedaan aan de hand van een fictief voorbeeld.

In het voorbeeld wordt uitgegaan van een recreatiegebied van 41,25 ha langs een provinciale weg (zie figuur 4a). In dit gebied ligt een zwemplas van 5 ha en een wandelpad van 2,3 km. Langs de provinciale weg liggen geluidzones van 50 dB(A) tot en met 30 dB(A) die over het recreatiegebied gaan. Uitgangspunt bij het compensatiebeginsel is geen netto-verlies aan areaal en kwaliteit. Het areaal is in dit voorbeeld bekend, maar de kwaliteit niet. Dit moet dus nog bepaald worden. Om de kwaliteit te kunnen bepalen, wordt uitgegaan van de gemiddelde geluidskwaliteit van het wandelpad en de gemiddelde geluidskwaliteit van de zwemplas. Als richtwaarden wordt de indeling van Jurriëns gebruikt (tabel 6). De daarmee samenhangende rapportcijfers zijn voor dit voorbeeld verzonnen. Het is bij de rapportcijfers minder belangrijk of het de juiste rapportcijfers zijn. Belangrijker is de relatieve toef of afname van de gemiddelde geluidskwaliteit na de ingreep.

In plaats van de voor dit voorbeeld verzonnen rapportcijfers kunnen de nutswaarden van de kwaliteitsindicatoren worden gebruikt (tabel 2) die de recreanten zelf hebben aangegeven. In dit geval zouden de nutswaarden van de wandelaars te gebruiken zijn voor de kwaliteitsindicator 'mate van stilte'.

Tabel 16 Aantal dB(A) voor een wandelpad en een zwemplas behorende bij de rapportcijfers

Rapportcijfer	Wandelpad	Zwemplas
3 (slecht)	≥ 45 dB(A)	≥ 55 dB(A)
5 (matig)	40 - 45 dB(A)	50 - 55 dB(A)
6 (redelijk)	35 - 40 dB(A)	45 - 50 dB(A)
8 (goed)	30 - 35 dB(A)	40 - 45 dB(A)
9 (zeer goed)	< 30 dB(A)	< 40 dB(A)

Op basis van deze indeling kan het gebied gescreend worden voor zowel het wandelpad als de zwemplas zoals in tabel 17 staat aangegeven.

De geluidskwaliteitscore wordt berekend door het rapportcijfer te vermenigvuldigen met het aantal meters of ha. Dit leidt tot een gemiddelde geluidskwaliteitscore in dit fictief gebied voor het wandelpad van 5,36 (12350/2300) en voor de zwemplas van 7 (35/5). Dit is dus de uitgangssituatie die gecompenseerd moet worden na de ingreep.

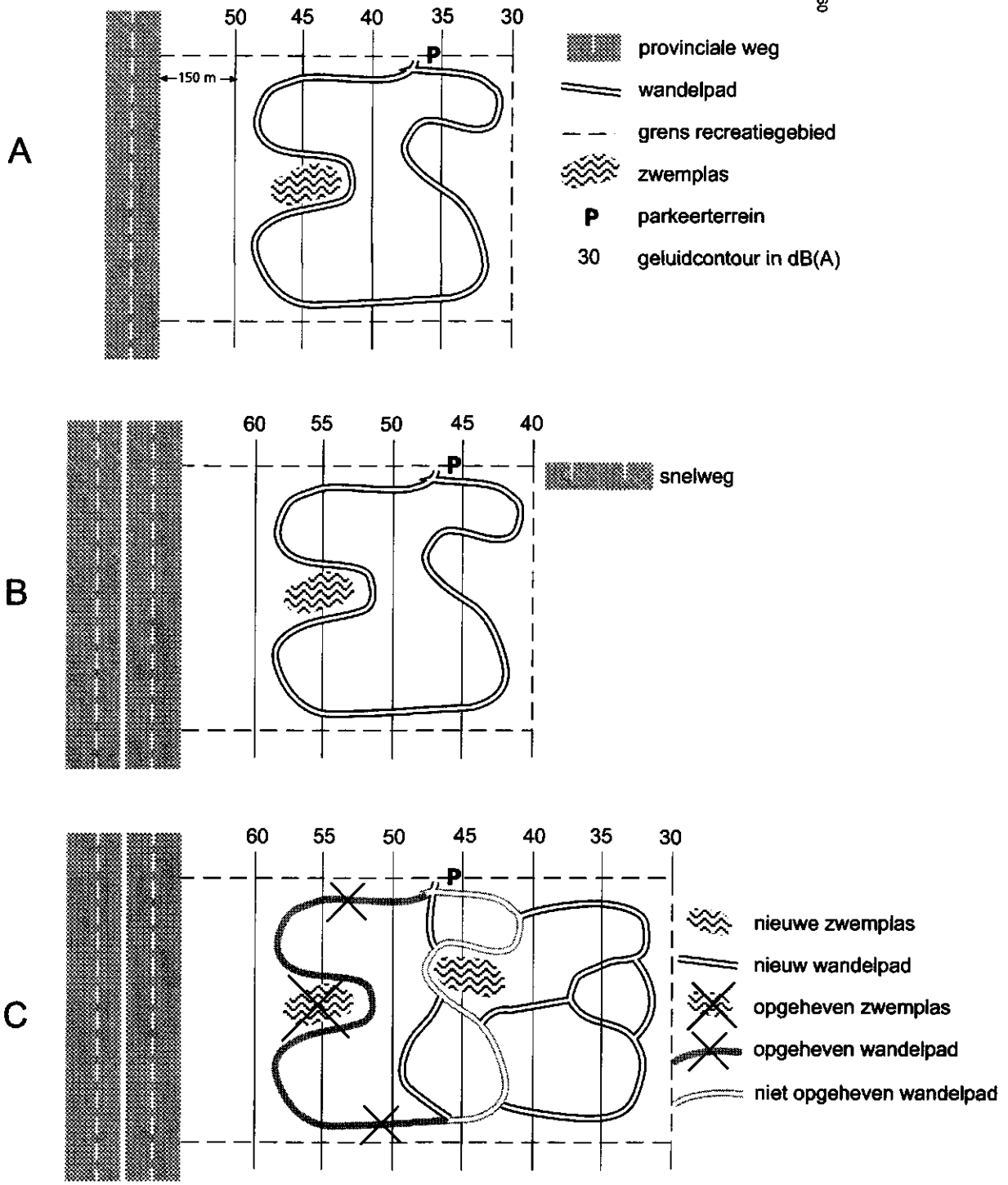


Fig. 4 Fictief voorbeeld van een recreatiegebied met geluidzones voor en na een ingreep

Gesteld wordt dat het hele recreatiegebied (41,25 ha) 3,5 mln. gekost heeft (naar huidige prijsniveau van 1997) om te verwerven en in te richten. Daarbij zijn de volgende fictieve bedragen gehanteerd:

- f 50 000,- per ha verwervingskosten;
- f 200,- per strekkende meter wandelpad;
- f 1 mln. aanlegkosten voor een zwemplas van 5 ha.

Tabel 17 De geluidskwaliteitscore voor het wandelpad en de zwemplas voor de ingreep

Voorziening	Zone	Aantal meters of ha	Rapportcijfer	Geluidskwaliteit- score
Wandelpad	30-35	500	8	4000
	35-40	550	6	3300
	40-45	650	5	3250
	45-50	600	3	1800
	≥ 50	-	-	-
totaal	40-45	2300		12350
Zwemplas	45-50	2,5	8	20
		2,5	6	15
totaal		5		35

De ingreep is weergegeven in figuur 4b. De provinciale weg is veranderd in een snelweg. Daarbij zijn hypothetische geluidzones aangegeven nadat mitigerende maatregelen hebben plaatsgevonden. De gemiddelde geluidskwaliteitscore is hierdoor veranderd zoals tabel 18 laat zien.

Tabel 18 De nieuwe geluidskwaliteitscore voor het wandelpad en de zwemplas

Voorziening	Zone	Aantal meters of ha	Rapportcijfer	Geluidskwaliteit- score
Wandelpad	40-45	500	5	2500
	45-50	550	3	1650
	50-55	650	3	1950
	55-60	600	3	1800
	≥ 60	-	-	-
totaal		2300		7900
Zwemplas	50-55	2,5	5	12,5
		2,5	3	7,5
totaal		5		20

De gemiddelde geluidskwaliteitscore is door de nieuwe situatie voor het wandelpad gedaald tot 3,4 (7900/2300) en voor de zwemplas tot 4 (20/5).

Dit alles betekent dat gezocht moet worden naar een situatie die vergelijkbaar is met de oude situatie om geen netto kwaliteitsverlies te krijgen. In feite moet het hele recreatiegebied 'opgetild' worden en een paar honderd meter verschoven worden in de richting tegenover de ingreep. De kosten die hiermee gemoeid zijn, zouden kunnen bestaan uit de totale verwervings- en inrichtingskosten die voor het hele recreatiegebied zijn betaald, geïndexeerd naar het huidig prijsniveau. Dit is echter niet correct omdat een groot deel van het recreatiegebied kan blijven bestaan zoals

het nu is en ook op dezelfde wijze gebruikt kan worden. Hier zijn dus geen verwervingskosten voor nodig, hooguit herinrichtingskosten.

Dit betekent dat er een stuk grond bijgekocht moet worden. Deze grond moet juist aan de tegenovergestelde kant van de ingreep liggen, omdat daar de geluidzones met het minste geluid liggen en daar dus de meeste winst te behalen valt, onder de aanname dat dit mogelijk is. Het nieuwe stuk grond moet ingericht worden met een wandelpad en landschappelijk aangekleed worden zodat een kwalitatief goed wandelpad ontstaat. Ook het bestaande recreatiegebied moet heringericht worden, omdat verschillende delen van het wandelpad in een andere geluidzone zijn komen te liggen.

Figuur 4c is een voorbeeld van een fysieke compensatie met een mogelijke nieuwe inrichting van het gebied. De oude zwemplas is opgeheven en verplaatst. De wandelpaden naar de oude zwemplas (in de zones > 50 dB(A)) zijn eveneens opgeheven. De nieuwe inrichting heeft wederom een gemiddeld geluidskwaliteitsniveau van 5,36 voor de wandelpaden en een 7 voor de zwemplas.

Er zal een berekening plaats moeten vinden om te kunnen achterhalen hoeveel km wandelpad aangelegd moet worden om weer dezelfde gemiddelde geluidskwaliteitsniveau te krijgen. Daarbij kan een keuze gemaakt worden om het aantal km wandelpad dat in de geluidsrijke zone ligt op te heffen of te laten liggen. In het laatste geval is er echter meer km wandelpad nodig in de geluidsarme gebieden ter compensatie van het aantal km geluidsrijke wandelpad.

Hetzelfde geldt voor de zwemplas. Het aantal nieuw te maken ha zwemplas bepaalt de kosten om weer dezelfde gemiddelde geluidskwaliteitsniveau te krijgen.

Ten behoeve van het aangeven en vastleggen van het bedrag dat hiervoor ten laste komt van de veroorzaker van de ingreep, wordt onderstaand een redeneerlijn gegeven voor het bepalen van de kosten van compensatie. Wanneer fysieke compensatie niet mogelijk, omdat er bijvoorbeeld geen grond gekocht kan worden, dan vormt dit bedrag de financiële compensatie.

Samenvattend kan gesteld worden dat de compensatie bestaat uit een berekening van de volgende kosten:

- de grondprijs van het aantal ha nieuw te verwerven grond op basis van de grootte van het oorspronkelijke, maar aangetaste gebied;
- de inrichtingskosten van de nieuw gekochte grond;
- de herinrichtingskosten van het bestaande recreatiegebied;
- eenderde van deze kosten als gevolg van de ophoogfactor.

Zoals figuur 4c laat zien wordt in het oorspronkelijk recreatiegebied een deel van de wandelpaden opgeheven evenals de zwemplas (er staat een kruis door). Dit kan door bijvoorbeeld geen onderhoud meer te plegen of het stuk grond te verkopen en een andere bestemming aan te geven, bijvoorbeeld landbouwgrond. De opbrengt van de verkoop kan in mindering worden gebracht bij de totale kosten voor compensatie. Dit moet echter in onderhandeling gebeuren, en niet vooraf al worden berekend en

in het totale compensatiebedrag worden opgenomen. Het is namelijk de vraag of er een koper voor een dergelijk stuk grond met relatief veel lawaai te vinden is.

Figuur 4c gaat er vanuit dat het mogelijk is om aansluitend aan het bestaande gebied te compenseren. In de praktijk kunnen zich uiteraard omstandigheden voordoen, waardoor dit niet mogelijk is en naar alternatieven moet worden gezocht. Eén van deze alternatieven is financiële compensatie. Om de hoogte van dit geldbedrag te kunnen bepalen, wordt er vanuit gegaan dat figuur 4c wél kan doorgaan.

Op figuur 4c is te zien dat het gebied naar rechts verschoven moet worden om weer in dezelfde geluidzones te komen van figuur 4a. Dit betekent dat een aantal ha 'bijgekocht' moet worden. De oppervlakte van dit gebied is afhankelijk van de grootte van de invloedssfeer van de nieuwe geluidscontouren. In het geval van figuur 4c betekent dit 16,5 ha. Dit nieuwe gebied moet uiteraard ingericht worden met een nieuw wandelpad. Dit wandelpad moet aangelegd worden op een wijze dat het gemiddelde geluidskwaliteitsniveau weer wordt gehaald. Dit betekent ook dat in het 'oude' gebied bepaalde delen van het wandelpad worden afgestoten (in figuur 4c staat hier een kruis door), delen van het 'oude' gebied heringericht moeten worden met een nieuw wandelpad en het 'nieuwe' gebied met een wandelpad moet worden ingericht (in figuur 4c aangegeven als een dikke lijn; in totaal 400 meter in het oude gebied en 1550 meter in het nieuwe gebied). Om dezelfde geluidskwaliteit van voor de ingreep voor de zwemplas te krijgen betekent, dat er een nieuwe zwemplas gegraven moet worden van 5 ha (2,5 ha in de nieuwe geluidzone van 40-45 dB(A) en 2,5 ha in de nieuwe geluidzone van 45-50 dB(A)).

De kosten die hiermee gemoeid zouden zijn (berekend met behulp van de fictieve bedragen) bestaan uit:

– 16,5 ha 'nieuw' te verwerven grond	f	825 000,-
– 1550 m 'nieuw' wandelpad in het nieuwe gebied	f	310 000,-
– 400 m 'nieuw' wandelpad in het oude gebied (herinrichting)	f	80 000,-
– 5 ha 'nieuwe' zwemplas	f	1 000 000,-

De kosten zijn derhalve	f	2 215 000,-
Hierover komt nog 1/3 ophoogfactor bij van	f	738 333,-

Totale kosten	f	2 953 333,-
---------------	---	-------------

De totale financiële compensatie bedraagt derhalve 3 mln. Aangezien financiële compensatie pas doorgang vindt indien fysieke compensatie niet mogelijk is, betekent dit, dat mindering van het totale bedrag door verkoop van een deel van de grond niet aan de orde is. Er valt bij financiële compensatie namelijk niks te verkopen.

Globaal kan ook de volgende berekening gemaakt worden die niet zo exact is als de voorgaande, maar een redelijke schatting geeft van het bedrag voor financiële compensatie. Daarvoor moet eveneens eerst het aantal ha aangetaste gebied berekend worden die door de ingreep in een hogere geluidzone ligt. In dit geval is dit 16,5 ha. De kosten hiervoor (f 825 000,-) moeten worden opgeteld met de totale inrichtingskosten van het gebied. Dat is in dit geval f 1 460 000,-. In feite wordt

het hele gebied inzake de inrichting 'opgetild' en naar rechts verschoven en gedeeltelijk geplaatst in het 'nieuw' verworven gebied. Dit betekent een totaal bedrag, inclusief de 1/3 ophoogfactor, van 3,05 mln.

Dit bedrag ligt iets hoger dan in de exacte berekening. Dit komt omdat in de exacte berekening een aantal meter wandelpad niet opnieuw hoeft te worden 'gekocht', omdat het er al ligt. Het ligt alleen bij de nieuwe situatie in een andere geluidzone. Indien deze aantallen meters verwaarloosbaar zijn, dan is de groffe berekeningsmethode een goede methode om de hoogte van de financiële compensatie vast te stellen. De exacte methode verdient de voorkeur als zeer veel meters of ha van een recreatieve voorziening in de nieuwe situatie in een andere geluidzone komen te liggen.

Op deze wijze kan per recreatiegebied en per recreatievoorziening die in het recreatiegebied ligt en die door de ingreep wordt aangetast, een berekening gemaakt worden voor de kosten van een fysieke of financiële compensatie.

6 Discussie en aanbevelingen

6.1 Effecten, kwaliteiten en normen

De eerste vraagstelling uit de probleemstelling kan als volgt beantwoord worden. Geluidhinder is een belangrijke kwaliteitsindicator van gebieden voor recreatie. Veel hinder van geluid beperkt de kwaliteit van een gebied aanzienlijk. Geconcludeerd kan worden dat recreanten vooral hinder ondervinden van wegverkeerlawaaï, maar ook van vliegtuiglawaaï. Deze hinder hangt echter wel van een groot aantal factoren af, zoals verwachting van de recreant, gewenning, keuzevrijheid en persoonlijke geluidsgevoeligheid. Hoe groot het probleem vliegtuiglawaaï voor de recreatie precies is, moet nader onderzocht worden.

Het is niet wenselijk om op dit moment voor bestaande situaties wettelijke normen voor geluidhinder voor recreatie op te stellen zonder ook financiële middelen ter beschikking te stellen. Wanneer in een bestaande situatie niet aan de vastgestelde norm kan worden voldaan, moet in het uiterste geval worden gesaneerd. Dit brengt hoge kosten met zich mee voor diegene die, op een dat moment geluidsrijke locatie, al jaren een recreatievoorziening heeft. De overheid zal op zijn minst een vorm van subsidie moeten geven op het aanbrengen van mitigerende maatregelen voor dergelijke situaties.

De huidige berekeningswijze ten aanzien van geluid is voor deze specifieke sector nog onvoldoende ontwikkeld. Er is dus nog geen mogelijkheid om een geluidswaarde adequaat te kunnen vaststellen en zodoende te vergelijken met een eventuele norm, want bij recreatie moet allereerst een onderscheid worden gemaakt tussen dagrecreatie en verblijfsrecreatie. Voor dagrecreatie is bijvoorbeeld geen nachtstraffactor nodig. Ten tweede moet onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende recreatie-activiteiten. Bij routegebonden activiteiten verblijven recreanten niet constant in een bepaald geluidslawaazone. Dit alles zou in de berekening mee moeten worden genomen. Wel kan worden voorgesteld om het onderzoek naar het bepalen van invloedniveaus voort te zetten, waarbij het voorkomen van relatief stille en drukke perioden wordt meegenomen om op jaarbasis een geluidswaarde te kunnen berekenen.

Voor nieuwe situaties geeft het compensatiebeginsel voldoende mogelijkheden om de uitgangssituatie te handhaven. Indien de uitgangssituatie echter een kwalitatief onvoldoende geluidsniveau heeft, dan geeft het compensatiebeginsel geen mogelijkheden om een goede of acceptabele geluidsniveau te bereiken. Want er hoeft alleen gecompenseerd te worden naar het geluidsniveau van de uitgangssituatie, ook al is deze onvoldoende.

De relatie tussen geluidhinder en recreatie wordt vanuit het ministerie van VROM beschreven via een concept-circulaire aan gemeentebesturen en provinciale besturen. De voorgestelde richtwaarden voor recreatie geven voldoende informatie omtrent de relatie. De richtwaarden zijn geen normen, maar het geeft gemeentebesturen wel inzicht in welk geluidsniveau voor welke recreatievoorziening acceptabel is. Het

ministerie van LNV zou dan ook bij het ministerie van VROM moeten aandringen op het uitgeven van deze circulaire in een definitieve vorm.

In deze circulaire worden richtwaarden ten aanzien van de openluchtrecreatie gegeven. Een richtwaarde is een kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgesteld. Richtwaarden dienen te worden beschouwd als inspanningsverplichting. Het wordt aanbevolen de richtlijn te gebruiken bij:

- de aanleg of wijziging van een openluchtrecreatievoorziening;
- de aanleg of reconstructie van een weg of een spoorweg voorzover er een openluchtrecreatieve voorziening in het invloedsgebied van deze (spoor)weg ligt;
- bij het gebruik van een gebied met recreatie als belangrijke nevenfunctie.

In de circulaire worden de volgende categorieën openluchtrecreatieactiviteiten onderscheiden met de volgende richtwaarden:

- activiteiten die zeer geluidsgevoelig zijn (natuur- en landschapsbeleving), met een richtwaarde van 35 dB(A);
- activiteiten die geluidsgevoelig zijn (verblijfsrecreatie en rustige vormen van dagrecreatie), met een richtwaarde van 45dB(A);
- activiteiten die matig geluidsgevoelig zijn (matig rustige vormen van dagrecreatie), met een richtwaarde van 55 dB(A).

6.2 Mitigerende maatregelen

De tweede vraagstelling uit de probleemstelling kan als volgt beantwoord worden. Drie soorten maatregelen kunnen onderscheiden worden om geluidsniveaus van weg-rail- en vliegverkeer te beperken. Voor geluidsbeperving in grootschalige openbare recreatiegebieden zullen voornamelijk maatregelen aan de bron en in de overdrachts-sfeer toepast moeten worden. Maatregelen bij de ontvanger, zoals gevelisolatie, hebben geen nut, omdat de recreant voornamelijk in de openlucht activiteiten beoefent.

Tot de bronmaatregelen voor wegverkeer behoren maatregelen aan voertuigen, aan de weg en aan lokale verkeersplannen. Maatregelen aan voertuigen (beperking motor- en rolgeluid) zijn niet effectief. Dit heeft twee redenen. Ten eerste heeft een beperking van het motorgeluid nauwelijks effect, omdat dit alleen merkbaar is bij snelheden beneden de 60 km/uur. Recreatiegebieden liggen veelal buiten de bebouwde kom. Meestal zal men boven de 60 km/uur rijden. Bij deze snelheid overheerst het rolgeluid het motorgeluid. Rolgeluid aan banden wordt veroorzaakt door het ruwe profiel. Profielverfijning is uit verkeersveiligheidsoverwegingen niet mogelijk.

De tweede oorzaak waarom maatregelen aan voertuigen niet effectief zijn, ligt in de specifieke locatie die recreatiegebieden hebben. Maatregelen die een lokaal effect teweegbrengen hebben de voordelen dat zij op korte termijn realiseerbaar zijn en dat de kosten die de initiatiefnemer moet betalen, op eenvoudige wijze bepaald worden. De meest effectieve maatregelen op lokaal niveau zijn het gebruiken van

ZOAB als asfaltlaag, het laten verzinken van het wegtraject en het vermijden van hellingen en dalingen in de wegstructuur.

Een aantal maatregelen kan getroffen worden om de mogelijke hinder van vooral militaire vliegtuigen te verminderen. Veel van deze maatregelen zijn al via overleg genomen en deze maatregelen moeten derhalve gehandhaafd blijven. Een belangrijke maatregel is om het aantal vliegbewegingen van militaire vliegtuigen op mooie zonnige dagen te beperken. Daarnaast kan voorlichting aan de bevolking worden gegeven via de plaatselijk pers wanneer gevlogen gaat worden. Uit onderzoek blijkt namelijk dat de ervaren hinder lager is als men geluid verwacht.

Voor de kleine luchtvaart kan gedacht worden aan maatregelen zoals het beperken van de vliegroutes boven stilte- en recreatiegebieden. En er zou een verbod kunnen komen van vliegtuigen met reclameuitingen boven recreatiegebieden.

Tot de maatregelen in de overdrachtssfeer behoren het aanhouden van een afstand en het aanbrengen van geluidsbeperkende voorzieningen. Wanneer een afstand tussen bron en ontvanger wordt aangehouden, kunnen vier factoren optreden die het geluid dempen. Dit zijn afstandsdemping, luchtdemping, bodemdemping en vegetatiedemping. Het meest effectief zijn afstands- en vegetatiedemping. Vegetatiedemping heeft een maximaal effect wanneer hoge bomen afgewisseld worden met lage bomen en struiken. Op deze wijze ontstaat op alle niveaus boven het maaiveld tot en met de boomkruin een geluiddempende werking.

Tot de geluidsbeperkende constructies behoren geluidsschermen en geluidswallen. Geluidswallen verschillen van schermen door hun brede basis. Wanneer er niet voldoende ruimte beschikbaar is naast de bron kunnen geluidsschermen geplaatst worden. De beleving van conventionele betonnen en aluminium geluidsschermen door de deelnemer aan het wegverkeer is zeer laag. Groene geluidsbeperkende schermen hebben een hogere belevingswaarde.

De beschouwde typen groene schermen hebben een zodanige massa dat de geluidsisolatie bij aanvang ruim voldoende is voor de verschillende specifieke situaties. De geluidsisolatie van de onderzochte typen schermen bedraagt minimaal 25 dB(A), met uitzondering van Model Sliedrecht (21dB(A)).

De verwachting is dat de meeste typen schermconstructies in de toekomst een gelijkblijvende geluidsisolatie zullen houden. Bij de groeschermen kan enige achteruitgang optreden door diktevermindering van de cortenstalenplaat. Bij deze en enkele andere typen zouden zich geluidstekken kunnen voordoen.

Afhankelijk van het type is er sprake van een absorberend dan wel een reflecterend scherm. Absorberende typen zijn de MW-groeiwand en de stapelconstructie (liggeropbouw). Het systeem Riede is eveneens als een absorberende constructie te beschouwen, zij het in iets mindere mate. De andere beschouwde constructietypen zijn geluidsreflecterend.

Aan de hand van de dB(A)-verlagingen bestaat al snel de neiging om geluidsschermen massaal toe te passen. Het is evenwel zo dat de geluidsschermen alleen effect hebben op korte afstand van de weg. Wanneer recreatievoorzieningen, zoals fiets- en wandelpaden direct aan de weg liggen zal een geluidsscherm een effectieve werking hebben. Bij voorzieningen die verder weg liggen, zal een geluidsdempend effect van schermen nauwelijks optreden. De geluidsgolven hebben namelijk de neiging om over een scherm heen te springen.

Een maatregel die effectief is op grotere afstand van de geluidsbron is zonering. Het zoneringprincipe houdt in dat de minst extensieve en minst geluidsgevoelige functies het dichtst bij de geluidsbron komen te liggen. Hierdoor kan de relatieve stilte op enige afstand van de verkeersverbinding behouden blijven, zodat alle recreanten daar op hun tijd van kunnen genieten.

6.3 Financiële compensatie

De derde vraagstelling uit de probleemstelling kan als volgt beantwoord worden. Bij de toepassing van de financiële compensatie is het van belang om inzicht te krijgen in de bepaling van de hoogte van het geldbedrag. In dit onderzoek is hiervoor een redeneerlijn opgesteld. Uitgangspunt is nog steeds geen netto-verlies aan areaal en kwaliteit. Het areaal van een recreatiegebied is meestal bekend, maar de kwaliteit niet. Om de kwaliteit te kunnen bepalen, wordt uitgegaan van de gemiddelde geluidskwaliteit van de voorzieningen in het recreatiegebied. Als richtwaarden wordt de indeling van Jurriëns gebruikt. Daarmee samenhangend zijn rapportcijfers opgesteld.

De geluidskwaliteitscore wordt berekend door het, met de geluidzones samenhangende, rapportcijfer te vermenigvuldigen met het aantal meters of ha van een recreatievoorziening. De totale geluidskwaliteitscore gedeeld door de totale lengte of oppervlakte van de voorziening leidt tot een gemiddelde geluidskwaliteitscore. Dit is dus de uitgangssituatie die gecompenseerd moet worden na de ingreep.

Op basis van de richtwaarden en de rapportcijfers kan berekend worden hoeveel km of ha extra van een voorziening nodig zijn om na de ingreep weer dezelfde gemiddelde geluidskwaliteitscore te krijgen. In de meeste gevallen zal dit gepaard gaan met het aankopen van gronden, omdat de geluidzones met de ingreep verschoven zijn en de nieuwe geluidsarme gebieden dus verder van de ingreep verwijderd zijn. De financiële compensatie bestaat derhalve uit een berekening van de volgende kosten:

- de grondprijs van het aantal ha nieuw te verwerven grond op basis van de grootte van het oorspronkelijke, maar aangetaste gebied;
- de inrichtingskosten van de nieuw gekochte grond;
- de herinrichtingskosten van het bestaande recreatiegebied;
- eenderde van deze kosten als gevolg van de kwalitatieve ophoogfactor.

Een meer groffe berekening van de hoogte van de financiële compensatie bestaat uit een berekening van het aantal ha aangetaste gebied die door de ingreep in een hogere

geluidzone ligt. Dit aantal ha wordt vervolgens vermenigvuldigd met de grondprijs voor een ha naar het huidige prijsniveau. De kosten hiervoor moeten worden opgeteld met de totale inrichtingskosten van het gebied. Op dit totale bedrag wordt de 1/3 ophoogfactor nog toegepast.

6.4 Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om, in navolging van het advies van de workshop 'verstoorde recreatie' een geluidsrecreatiekaart te maken, waarbij berekend kan worden hoeveel ha van welke recreatievoorziening in welke geluidzone valt. Deze geluidsrecreatiekaart kan met behulp van BORIS (Basis OpenluchtRecreatie Informatie Systeem) ontwikkeld worden. Eveneens kan via BORIS geïnventariseerd worden welke verschillende geluidsbronnen (weg-, spoor- en vliegverkeer) nabij recreatiegebieden liggen en welke verschillende recreatievormen binnen de onderscheiden recreatiegebieden kunnen worden beoefend. Hiermee ontstaat inzicht in de omvang van geluidhinder als mogelijk probleem. Aangegeven kan dan worden welke recreatiegebieden nabij bestaande of nieuwe grote infrastructurele werken liggen en zodoende geluidsgevoelig zijn.

Daarnaast verdient het aanbeveling om voor de recreatiegebieden die in het compensatiebeginsel vallen, de huidige gemiddelde geluidskwaliteitscore van de aanwezige voorzieningen te berekenen volgens de in dit onderzoek voorgestelde redeneerlijn. Op deze wijze kan de uitgangssituatie in kaart gebracht worden.

Literatuur

- Aanen, P. en J. Oostveen, 1990. 'Groene schermen zijn populair bij weggebruikers en bewoners'. *Land + water* 30; 12, 36-37, 39, 41.
- Anderson, G.S., R.D. Horonjeff, C.W. Menge et al., 1993. *Dose-response relations derived from data collected at Grand Canyon, Haleakala and Hawaii Volcanoes national parks*. Lexington (Mass.): Harris, Miller, Miller & Hanson. HMMH Report no. 290940.14, NPOA Report no. 93-6.
- Biesiot, W., M.P.J. Pulles en R.E. Stewart, 1989. *Invloed van lawaai op de gezondheid*. 's-Gravenhage, VROM.
- Buma, J.T., 1989. 'Het wordt stil op de Nederlandse wegen'. *De Ingenieur* 101; 1, 9-12.
- Chamuleau, M., Y. Horsten-van Santen en J. de Vries, 1989. 'Het beheer van groene geluidschermen: een tussentijdse evaluatie'. *Groen* 45; 2, 9-13.
- Commissie Wessel, 1987. *Advies naar aanleiding van de evaluatie Wet geluidhinder: advies over enkele planologische aspecten van het beleid tot bestrijding van de geluidhinder naar aanleiding van de evaluatie van de werking van de Wet geluidhinder door de Commissie Wessel*. s'-Gravenhage, Staatsuitgeverij.
- Corten, F.G.P. en W.B. Beining, 1990. 'De ontwikkeling van het geluidwerende groenscherm'. *Groen* 46; 11, 22-26.
- Defares, P.B., 1977. 'Psychologische effecten van geluidshinder'. In: Vakgroep Gezondheidsleer (ed.). *Geluidshinder: documentatie bij de collegecyclus, gegeven in het tweede semester van het studiejaar 1978/1979*. Wageningen, Vakgroep Gezondheidsleer. Rapport nr. 61.
- Dongen, J.E.F van, 1979. *Advies omtrent de relatie tussen openluchtrecreatie en toekomstige geluidbelasting op het project Ekkersweijs*. Delft, TNO-Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek.
- Dongen, J.E.F. van, 1991. *Belevingsonderzoek naar geluidhinder in de omgeving van de 25 mm schietbaan bij Marnewaard (Lauwersmeer)*. Leiden, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO.
- Fidell, S., L. Silvati, B. Tabachnick et al., 1992. *Short term effects of aircraft overflights on outdoor recreationists in three wildernesses*. Canoga Park CA. BBN Systems and Technology. BBN Report no. 7502, NPOA Report no. 91-2.
- Fields, J.M., 1993. *Wilderness aircraft overflight study: review of visitor reaction studies in final report*. Washington DC: NN.

Fields, J.M., 1994. *An evaluation of reports on surveys of reactions to aircraft overflights in national parks service areas*. Washington, DC: NN.

Gomperts, M.C., 1979. 'Inleiding in de technische akoestiek: fysische grondbegrippen en meetmethoden.'. In: Vakgroep Gezondheidsleer (ed.). *Geluidshinder: documentatie bij de collegecycleus, gegeven in het tweede semester van het studiejaar 1978/1979*. Wageningen, Vakgroep Gezondheidsleer. Rapport nr. 61.

Goossen, C.M., 1995. *Typologie van toeristisch-recreatieve potenties: deel 2. De vraag naar toeristisch-recreatieve voorzieningen verwerkt in de Toeristisch-Recreatieve Index*. Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 237.2.

Heemrood, J.C., L.A.M. Persoon en J.W. Ludwig, 1987. *Ondergrens voor de zonering van wegen*. 's-Gravenhage, VROM.

Huisman, W.H.T., 1990. *Sound propagation over vegetation-covered ground*. Proefschrift K.U. Nijmegen.

Hulshof, J.T.G., 1991. *Geluidshinder in bossen: probleemstelling en oplossingsrichtingen*. Utrecht, Themagroep Nieuwe bossen.

Jaarsma, C.F., 1979. 'Verkeerslawaai'. In: Vakgroep Gezondheidsleer (ed.). *Geluidshinder: documentatie bij de collegecycleus, gegeven in het tweede semester van het studiejaar 1978/1979*. Wageningen, Vakgroep Gezondheidsleer. Rapport nr. 61.

Jong, R.G. de, 1988a. *Geluidshinder in Nederland: rangordening van geluidbronnen naar hinderlijkheid*. NIPG-TNO, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg, Leiden.

Jong, R.G. de, 1988b. *Geluidshinder in Nederland: tien jaar later*. NIPG-TNO, Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg, Leiden.

Jong, R.G. de, 1996. *Beoordeling van de geluidkwaliteit in milieubeschermingsgebieden*. Delft, TNO Preventie en Gezondheid, Divisie Collectieve Preventie.

Jorritsma, P., 1980. *Geluidhinderaspecten van ruimtelijke ordening buitengebied en landinrichting*. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

Jurriëns, A.A., 1977. *Onderzoek naar de lawaaigevoeligheid voor wegverkeerslawaai van verschillende bestemmingen*. Leidschendam, I.C.G.

Kleinhoonte van Os, G.J., 1984. 'Luchtverkeer'. p. ZHBML00150-ZHBML00159. In: R.G. de Jong, S. Riemsens, W.M. Schuller, A.G. Spruijt en T.C. Welkers (eds.). *Lawaai beheersing: handboek voor milieubeheer*. Alphen aan de Rijn, Samsom H.D. Tjeenk Willink.

- Kortbeek, B.J.F. en P.J.C.M. Schoenmakers, 1990. 'Een weg, mensen en een scherm ertussen'. *Recreatie & Toerisme* 22; 1, II-IV.
- Lee, J.A.M. van der, 1981. *Recreatie en geluidhinder*. Den Haag, ANWB.
- Logemann, D., 1995. *Handleiding compensatiebeginsel, over het compenseren van schade aan bossen, natuurterreinen en recreatiegebieden*. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.
- Miedema, H.M.E., 1995. *De beoordeling van geluid in milieubeschermingsgebieden*. Delft, TNO preventie en Gezondheid, Divisie Collectieve Preventie.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1995. *Structuurschema Groene Ruimte: Deel 4: Planologische kernbeslissing*. Den Haag Offset, Den Haag.
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1987. *IMP-Milieubeheer 1987-1991*. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Nederlandse Stichting Geluidhinder, 1985. *Recreatie en geluidhinder: weergave van een door de Nederlandse Stichting Geluidhinder georganiseerde studiedag op 8 oktober 1985 in het Jaarbeurs-Congrescentrum te Utrecht*. Delft, N.S.G.
- Nederlandse Stichting Geluidhinder, 1994. *Verstoorde recreatie: weergave van de door de Nederlandse Stichting Geluidhinder, in samenwerking met de ANWB en de Stichting Recreatie, georganiseerde workshop op 31 mei 1994 op het kasteel Crabbehoff te Dordrecht*. Delft, Nederlandse Stichting Geluidhinder.
- Nicolai, J., 1979. *Het geluid in Lelystad: berekening, grenswaarden, maatregelen*. Lelystad, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Flevovericht nr. 157.
- Noy, H.L.J. en K.J. Veldhuisen, 1985. *Verblijfrecreatie en geluidhinder van wegverkeerslawaaï*. 's-Gravenhage, VROM.
- Oosting, W.A., 1977. *Berekeningsmethode wegverkeerslawaaï voor zoneringsdoeleinden*. Delft, Technisch Fysische Dienst TNO-TH.
- Padmos, C.J., 1985. 'Geluidbestrijding'. *Wegen*, 59; 12, 389-394.
- Parlevliet, G., 1979. 'Landschapsarchitectuur en geluidshinder: de rol van landschappelijke voorzieningen'. In: Vakgroep Gezondheidsleer (ed.). *Geluidshinder: documentatie bij de collegecycle, gegeven in het tweede semester van het studiejaar 1978/1979*. Wageningen, Vakgroep Gezondheidsleer. Rapport nr. 61.
- Rijkswaterstaat en Directie Geluid en Omgeving, 1990. *Groene geluidbeperkende constructie?; Ja, mits...* Delft, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Smith, P., 1988. *Ons oor en het geluid om ons heen: vragen en antwoorden op een rij gezet door TNO*. Drachten, Friese Pers Boekerij.

Staats, H.J., 1990. *De beleving van gebiedsvreemd geluid door recreatieve fietsers in het Groene Hart*. Leiden, Rijksuniversiteit Leiden.

Staats, H.J., 1991. *Geluidhinder bij openluchtrecreatie in de omgeving van Schiphol: psychologisch onderzoek naar de effecten van vliegtuiglawaai in de gebieden Amsterdamse Bos, Westeinderplassen en Spaarnwoude*. Leiden, RU Leiden.

Stroband, A.G., 1990. 'De beschermde stad in het landschap'. *Recreatie & Toerisme* 22; 1, XVIII-XXI.

Tabachnick, B., S. Fidell en L. Silvati, 1991. *Intermediate term effects of aircraft overflights on outdoor recreationists in twelve wildernesses*. Canoga Park CA: BBN Systems and Technology. BBN Report no. 7503.

Turpijn-van Duinen, J.M., 1975. *Verkeerslawaai: verslag van een voorstudie naar de invloed van verkeerslawaai op mensen*. Instituut voor stedenbouwkundig onderzoek, TH-Delft.

VAROR, 1993. *Advies compensatiebeginsel*. Voorlopige Adviesraad voor de Openluchtrecreatie, Amersfoort.

Vos, P.H. de, 1996. 'Railverkeer: algehele herziening van een oorspronkelijke tekst van dr. ir. T. ten Wolde'. In: *Lawaai beheersing: handboek voor milieubeheer*. Alphen aan de Rijn, Samsom H.D. Tjeenk Willink.

Niet gepubliceerde bronnen

Goossen, C.M., 1997. *Kwaliteitsindicatoren van het landelijk gebied voor recreatie*. Wageningen, DLO-Staring Centrum.

Knipschild, P.G., 1976. *Medische gevolgen van vliegtuiglawaai*. Amsterdam, z.uitg.

Overleggroep Laagvliegroutes, 1990. *Mogelijkheden ter beperking geluidhinder militaire laagvliegroutes: eindrapport van het onderzoek van de overleggroep laagvliegroutes*. Deventer, z.uitg.

Aanhangsel 1 Begrippenlijst

Achtergrondniveau

Het totale geluidsniveau ter plaatse. Het kan beschouwd worden als de resultante van het rustniveau en het geluidsniveau ten gevolge van externe bronnen zoals wegverkeerslawaaï.

Activiteitsniveau

Het equivalente geluidsniveau dat ontstaat ten gevolge van menselijke activiteiten.

Agralin

Bibliotheek van DLO en LUW.

BORIS

Basis Openluchtrecreatie informatiesysteem, een geografisch informatiesysteem met daarin gegevens van het openluchtrecreatieve aanbod in Nederland. BORIS is ontwikkeld door het DLO-Staring Centrum.

dB(A)

Decibel (A), eenheid waarin het geluidsniveau wordt uitgedrukt. Waarin een correctie is opgenomen voor de frequentie-afhankelijke gevoeligheid van het menselijk oor.

dB(A)-contour

Lijn, welke punten met een gelijk geluidsniveau verbindt.

Compensatiebeginsel

Instrument in het Structuur Schema Groene Ruimte om beleidsuitvoering te realiseren.

Equivalent geluidsniveau

Dat constante geluidsniveau dat, over een beschouwde periode, eenzelfde totale geluidsenergie vertegenwoordigt als het in werkelijkheid aanwezige, wisselende geluidsniveau.

Geluidsbeperkende constructie

Aarden wallen en geluidsschermen.

Geluids(druk)niveau

De sterkte van het geluid.

Geluidsgevoeligheidsklasse

Indeling in klassen die de mate van gevoeligheid voor een bepaald geluidsniveau uitdrukken.

Geluidhinder

Elk ongewenst geluid, dat fysiologische spanningsverwekkend is, subjectief als irriterend wordt ervaren en/of een negatief effect heeft op het verrichten van prestaties.

Geluidsabsorptie

Opname van geluid uit de omgeving.

Geluidsemissie

Uitstoot van geluid door een bron.

Geluidsreflectie

Weerkaatsing van geluid.

Geluidzone

De zone, zoals bedoeld in artikel 74 van de Wet geluidhinder, waarin het akoestisch onderzoek plaats moet vinden.

Gradiënt

Mate van verandering van een grootheid (bijvoorbeeld windkracht, temperatuur) per eenheid van lengte, in de richting waarin die verandering het sterkste is.

Grenswaarde

Een kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgelegd, maar die wel in acht moet worden genomen en moet worden beschouwd als een resultaatverplichting.

Grootschalige openbare recreatievoorzieningen

Die recreatiegebieden waarop het compensatiebeginsel van toepassing is.

KE

Kosten Eenheid, het geluidsdrukniveau van vliegtuigen.

Kwaliteitsindicator

Aanwijzing voor de mate van kwaliteit.

 L_{eq} -etmaal

Etmaalwaarde van het equivalente geluidsniveau, volgens de Wet geluidhinder de hoogste van de volgende twee waarden voor wegverkeer:

- de waarde van het L_{eq} over de periode 7.00 - 19.00 uur (dag);
- de met 10 dB(A) verhoogde waarde van het L_{eq} over de periode 23.00 - 7.00 uur (nacht).

Voor railverkeerlawaai wordt aan deze twee waarden nog de met 5 dB(A) verhoogde waarde van het L_{eq} over de periode van 19.00 - 23.00 uur (avond toegevoegd).

Lijzijde

Zijde die van de wind is afgekeerd, de windsteunzijde.

Loefzijde

Zijde waar de wind op staat.

Militaire laagvliegroute

In Nederland gelegen route die voor militaire straaljagers een verbinding vormt met in Duitsland gelegen laagvlieggebieden.

Mitigerende maatregel

Geluidsbeperkende maatregel.

Overdrachtssfeer

Het gebied tussen bron en ontvanger.

Richtlijn

Kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgesteld, maar die wel in acht moet worden genomen en moet worden beschouwd als een resultaatverplichting.

Richtwaarde

Kwaliteitsdoelstelling die niet wettelijk is vastgesteld, maar die wel in acht moet worden genomen en moet worden beschouwd als een inspanningsverplichting.

Rustniveau

Het equivalente geluidsniveau dat in een bepaalde situatie heerst bij afwezigheid van een activiteitsniveau en afwezigheid van geluiden, die aan die situatie vreemd zijn. Het onbreken van een activiteitsniveau kan voortdurend zijn (bijv. in een natuurgebied) of af en toe (bijv. stiltes tijdens een concert).

Structuurschema Groene Ruimte (SGR)

Beleidsnota van het ministerie van LNV waarin het ruimtelijk beleid voor een aantal functies in het landelijk gebied is weergegeven.

Verkeersintensiteit

Verkeersaanbod, in een bepaalde dwarsprofiel, per eenheid van tijd.