

bijlage 34

Inzake de: LEE 21 / 2543 WET BAST

Geachte Griffie en Rechterlijke macht Rechtbank Noord-Nederland,

Helaas moeten wij vanwege gedrag van de Rijksoverheid en aanverwante instanties nog wéér een extra 'aanvulling' dan wel extra 'bijlage' dan wel een extra 'productie' aanbrengen in de LEE 21 / 2543 WET BAST.

Als de Rijksoverheid aan tussentijdse-dicht-timmerij doet dienen wij dat ook te doen om een corrupte uitspraak als bijvoorbeeld; 'er volgen eerst nog meer onderzoeken dat zal vele jaren in beslag nemen en veel geld kosten maar uw probleem heeft de aandacht', te voorkomen.

Voordat ik los ga wil ik eerst een Stem-Vork-Special aanmelden voor de geplande zitting op 20 september 2022, te weten mijn aangepaste 123 Hertz Stem-Vork bovenop de zes andere die ik in bijlage 33 al heb aangemeld.

Symbolisch is deze 'spontaan ontstane' stemvork bestemd voor het RIVM en voor ingenieur Th.B.J. (Theo) Campmans, adviseur bij LBP|SIGHT, Multiphysics Engineer at DEMCON multiphysics die het rapport Laagfrequent geluid (oriënterende studie naar de ontwikkeling van geluid in Nederland) voor het RIVM heeft geschreven.

Het is namelijk gewoon hoog tijd de forensische waarheid te gaan spreken en te schrijven.



De Rechtspraak zelf heeft binnen de LEE 21 / 2543 WET aan de NAM gevraagd hun mening te geven.

Ingenieur Th.B.J. (Theo) Campmans uitnodigen om onze Stem-Vorken ter zitting eens even te komen beoordelen zou een veel beter idee zijn, zodat Campmans en ik ter zitting eens even de Wetenschappelijke Stem-Vork-degens kunnen kruisen.

Ik had een Stem-Vork 'gekannibaliseerd' door de originele gewichten op mijn 24 Hertz Stem-Vork te monteren. Die kale stemvork heb ik voorzien van oude Rijksdaalders als vervangende gewichten. Zo toepasselijk ook dat Kroontje, het 'symbool' van het belang, het 'geld'. In de ondertitel van de Nederlandse rijksdaalder mist alleen nog het woord 'Kolonie'.



Deze door mij met vier Rijksdaalders verzwaarde Stem-Vork is op een LFG frequentie van 123 Hertz uitgekomen en is bovendien... krachtig. Ik zal ingenieur Campmans met plezier de Stem-Vork bij zijn oor houden voor dé tril sensatie.

Wat is er tussentijds gebeurd dat deze bijlage/productie nodig is; (tussentijds als in; 'tussen ons ingesteld beroep en heden')

28 augustus 2022

Simpel gezegd; de boel is weer flink gemanipuleerd om een vluchtroute te creëren voor De Rechtspraak vanwege de 'gewogen belangen'.
Ik ga die route even langs lopen;

Punt één:

In een procedurele eerlijke aanloop naar een Rechtszitting worden stukken via De Rechtbank doorgestuurd naar de tegenpartij en krijgen wij daar ook weer een kopie van toegezonden. Een soort 'hoor en wederhoor' als 'controle van de gang van zaken' maar dan anders. Wij kunnen stellen dat deze procedure aan alle kanten rammelt en incompleet is. Er lijkt te worden gestuurd door de Griffie en zelfs in de wel in kopie terug-ontvangen stukken ontbreken bijvoorbeeld de bijbehorende bijlagen, ook ontbreken complete ingestuurde bijlagen/producties als in kopie retour gestuurde producties. Oftewel, geen controle. De Minister doet sowieso niets en wacht het wel af, wetende dat het Justitiële Systeem haar dichttimmer werk jegens de burger wel doet. De zaak wordt dus nu al gemanipuleerd middels ambtelijk machtsmisbruik. Zo 'mooi' dat dit ook nu weer zo zichtbaar is. (Waarom denkt De Rechtspraak dat ik zo breedspakig ben?!)

Punt twee:

Gaande de jaren van strijd tegen de LFG overlast van/door de NAM, van de Shell, van de Adelhouders sinds halverwege 2018 hebben wij in *februari/maart 2022*, na de technische briefing aan de Tweede Kamer door ingenieurs, GGD, RIVM, artsen etcetera, twee brieven ingediend bij de Tweede Kamer Commissie EZK inzake de waarheid over de LFG overlast. (zie bijlage/productie 27, reeds aangebracht)

Het vervolg van de inhoudelijke behandeling werd door de show-commissie-Ministerie EZK verschoven naar *23 september 2022*. Op 23 september 2022 gaat het over méér geld voor nóg méér nonsens onderzoek van/door de geld verslindende wetenschappers. Onze zitting LEE 21 / 2543 WET werd op de rol gezet op *20 september 2022*. Op *16 mei 2022, 16:32 uur*, wijzigde het RIVM hun Laag Frequent info pagina welke oorspronkelijk werd gepubliceerd op 23 oktober 2018, 00:00 uur.

De link naar die pagina: [RIVM Laag Frequent](#).

Op die pagina word je weer door-gelinkt naar de RIVM pagina: 'Low frequency noise (LFN) research programme: State of affairs and recommendations for follow-up research'. Echt mensen, 'cut the crap'.

Al die wetenschappelijke nonsens is om geld te krijgen voor weer een nep onderzoek vanwege het afschermen van de economische belangen hetgeen ten koste van burgers gaat. Het gevaar van LFG, ELF, infrasoen was al uitgebreid bekend gemaakt in 1976, zie uitgave UNESCO.

Laat die Ingenieur Th.B.J. (Theo) Campmans maar naar de zitting komen, Campmans is dé Spin in het web van onze tegenpartij, de 'componist' van de nonsens ten bate van overheid, bedrijfsleven, NSG, RIVM, GGD, hij was nota bene 'leraar in vibratie'.
Foto rechts is van LinkedIn en de LinkedIn pagina voegen wij bij.

Gaan Campmans en ik ten overstaan van de Rechter die mee mag doen samen de RINNE test doen en eerlijk aan de Rechter vertellen wat we horen, voelen en zien.
Ik ben bang dat Campmans dan gedwongen moet worden te komen want ik weet niet of Campmans —> (zie foto) een 'staart' heeft.
De Narcisten Buster weet daar wel raad mee.

Nogmaals; 'cut the crap',
oftewel 'kap met de Laag Frequent nonsens en volksverlakkerij'.
BEN EERLIJK!



28 augustus 2022

De WAARHEID is namelijk ZÓ SIMPEL en dat WÉÉT ingenieur Campmans als geen ander of hij is een kwakzalver en aan kwakzalvers heeft Minister Hugo de Jonge weer zó'n hekel!

Dus Griffie en Rechter,
dat gewenst onderzoek dat het RIVM voorstaat en over schrijft in hun publicatie van 16 mei 2022 is opdat de Rechtspraak ons 'on hold' kan zetten en dat is 100% CRAP,
het onderzoek is klaar, dat hebben wij af en het fenomeen was in 1967 ook al bekend, dus al die nonsens beslaat nu al 55 jaar wetenschappelijke kwakzalverij jegens het volk.
Wij nemen de bewijzen (voor zover u die nog niet heeft omdat de Griffie die niet deelt) mee inclusief de Stem-Vorken.

En Griffie, zorgt u alstublieft ff dat de tegenpartij, de Minister van EZK ook alle stukken van u doorgestuurd krijgt, ja, zo hóórt dat! Anders pleegt de Griffie namelijk Ambtelijk Machtsmisbruik en moeten wij ter zitting eerst overleggen of iedereen alle stukken wel heeft ontvangen.
Wij hebben alle ontvangstbevestigingen van de Griffie zelf opgeslagen, dus de Griffie heeft alles.

Rechter Jansen (Rechtbank Alkmaar) vroeg ons in 2018, tijdens een ontslagzaak (die wij voor onze cliënt wonnen) ook al 'of we zulke harde taal moesten gebruiken'.
'JA' was toen ons antwoord, dat MOET omdat de boodschap bij mensen die narcistisch gedrag vertonen anders met zekerheid helemáál niet binnen komt.
(zie website narcistenbuster.nl, tabblad 'de glashelder corrupte rechtspraak').

Hoogachtend,

R. Huijskens

BRP
Lindelaan 18
9342PL EEN



C.A.M. van Velzen



Bijgevoegd;

RIVM internet 16-05-2022.

Onderzoek Ingenieur Campmans, verwijzing RIVM

Linkedin pagina ingenieur Campmans



RIVM De zorg voor morgen begint vandaag

Laagfrequent geluid

In dit onderwerp (/geluid)

Nieuws (/nieuws-geluid)

Over geluid (/geluid/over-geluid)

Onderzoeken en projecten (

/geluid/onderzoeken-projecten)

Laagfrequent geluid (/geluid/lopende-
onderzoeken-projecten/laagfrequent-geluid)

Trendmetingen geluid (/geluid/meten-
berekenen-geluid/trendmetingen-geluid)

Vliegtuiggeluid (/geluid/vliegtuiggeluid)

Ontwikkeling Centrale Voorziening
Geluidgegevens (/geluid/ontwikkeling-centrale-
voorziening-geluidgegevens)

Rekenmodellen en tools (

/geluid/rekenmodellen-en-tools)

Publicaties en rapporten (

/geluid/publicaties-en-rapporten)

Publicatiedatum 23-10-2018 | 00:00 Wijzigingsdatum 16-05-2022 | 16:32

Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met lage tonen: tonen met een frequentie beneden 100/125 Herz (Hz (Hertz)). Geluid met frequenties onder 20 Hz wordt infrason geluid genoemd. Dit is alleen waarneembaar voor mensen als het heel luid is; de waarneming is dan niet als geluid te herkennen maar meer als ‘druk op de oren’ of als trilling.

Bronnen van laagfrequent geluid

Bijna alle geluidbronnen produceren een combinatie van gewoon geluid en LFG. De hoeveelheid LFG verschilt per bijvoorbeeld wind, golven op het strand, zee en onweer. Andere bekende bronnen van LFG zijn wegverkeer, railverkeer, industrie, transformatoren, warmtepompen, airconditioning, zuigercompressoren, generatoren, wasmachines, en mechanische ventilatie. Het aantal geluidbronnen dat LFG produceert lijkt toe te nemen.

Met geluidwerende maatregelen is het makkelijker om hoge dan om lage tonen te dempen. Daardoor kan het re (Campmans (<https://www.rivm.nl/documenten/rapport-2018-0119-bijlage-rapport-lfg-campmans>), 2018). Het is soms moeilijk komt doordat LFG zeer ver kan reizen: tot wel enkele kilometers van de bron.

Gezondheidseffecten van laagfrequent geluid

Het aantal meldingen bij GGD (Gemeentelijke Gezondheidsdienst) en over het horen van een bromtoon neemt toe (<https://www.rivm.nl/publicaties/meldingen-van-milieugerelateerde-gezondheidsklachten-bij-ggden-periode-2017-2018>) en anderen gezondheidseffecten van LFG zijn hinder en in mindere mate slaapverstoring. Hinder is meestal het gevolg van r geluid, bijvoorbeeld van een koelkast of een stationair draaiende motor. Hoewel ook over andere gezondheidseffect wetenschappelijke tijdschriften, zijn deze bevindingen bij herhaalonderzoek niet teruggevonden of zijn de studie

Er bestaat geen regelgeving met betrekking tot laagfrequent geluid in Nederland.

In 2021 heeft het RIVM, op verzoek van de ministeries IenW (Infrastructuur en Waterstaat), EZK (Economische Zaken, Volksgezondheid, Welzijn en Sport), onderzoek gedaan naar de stand van zaken voor LFG en de effecten daarvan (‘Onderzoeksprogramma Laagfrequent geluid (LFG) (<https://www.rivm.nl/publicaties/onderzoeksprogramma-laagfrequent-geluid>)): Stand van zaken en aanbevelingen voor vervolgonderzoek’ stelt het RIVM voor om in Nederland meer onderzoek naar laagfrequent geluid (LFG) en de gezondheidseffecten daarvan.

In het rapport beschrijft het RIVM wat we weten over LFG, het aantal meldingen over LFG, LFG-bronnen, de gezondheidsmaatregelen om LFG te verminderen en het juridisch kader bij LFG.

Afgeronde studies naar laagfrequent geluid

In september 2020 is een vernieuwde versie van de [Factsheet Laagfrequent geluid \(https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-09/Factsheet%20laagfrequent%20geluid.pdf\)](https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-09/Factsheet%20laagfrequent%20geluid.pdf) gepubliceerd.

In 2020 is een [overzicht \(https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0088.pdf\)](https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0088.pdf) verschenen van internationaal onderzoek naar laagfrequent geluid. Hierin staan ook de effecten van LFG beschreven.



Laagfrequent geluid

**Oriënterende studie naar de ontwikkeling van
laagfrequent geluid in Nederland**

Opdrachtgever

RIVM Bilthoven

Contactpersoon

mevrouw A. van Beek

Kenmerk

R056087aa.00001.tc

Versie

02_001

Datum

21 juli 2017

Auteur

ir. Th.B.J. (Theo) Campmans



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Wanneer is er sprake van LFG?	4
1.2	Algemene trends in de blootstelling aan LFG	5
1.3	Bronnen van informatie en nauwkeurigheid	6
1.4	Gevelgeluidwering en LFG	7
2	Wegverkeerslawaaai (VL)	9
2.1	Historische ontwikkelingen VL op hoofdlijnen.....	9
2.2	Globale kwantificering op LFG.....	12
2.2.1	Buitenstedelijke situatie.....	13
2.2.2	Binnenstedelijke situaties.....	14
2.3	Conclusies en bespreking	16
2.3.1	Buitenstedelijk	16
2.3.2	Binnenstedelijk	16
2.3.3	Werkwijze voor nauwkeuriger bepaling blootstelling aan LFG	16
3	Railverkeerslawaaai (RL).....	18
3.1	Historische ontwikkelingen RL op hoofdlijnen	18
3.2	Globale kwantificering op LFG.....	19
3.2.1	Goederentreinen	19
3.2.2	Reizigerstreinen	21
4	Industrielawaai (IL).....	23
4.1	Algemene beschouwing LFG bij IL	23
4.2	Casuïstiek	23
4.3	Conclusies.....	25
5	Luchtvaartlawaaai (LL)	26
5.1	Historische ontwikkelingen LL op hoofdlijnen	26
5.2	Trends in geluidproductie toestellen voor grote burgerluchtvaart.....	29
5.3	Bespreking en conclusies	32

Bijlage

Bijlage I Geraadpleegde bronnen



Samenvatting

Er is een oriënterende studie verricht naar tendensen van de hoeveelheid laagfrequent geluid (LFG) in Nederland. Dit is gedaan op basis van de beschikbare, maar beperkte informatie in literatuur, op internet en bij ons bureau. Daarbij is gekeken naar de geluidbronnen wegverkeerslawaaï, railverkeerslawaaï, industrielawaaï (exclusief windturbines) en vlieglawaaï (met name burgerluchtvaart). Dit betekent overigens dat een aantal geluidsoorten niet is meegenomen (bijvoorbeeld bouwlawaai, installaties op en rond kantoren en woningen, militaire en recreatie-luchtvaart, etc.). Daaruit komt het volgende naar voren.

Algemene opmerkingen

Op grotere afstand van geluidbronnen, door luchtabsorptie en door afscherming, wordt het karakter van alle soorten geluid sterker laagfrequent.

Er is weinig betrouwbare informatie bekend over de laagfrequente gevelgeluidwering van woningen, aangezien dit een speciale meettechnische aanpak vereist. Van het geluid wat in woningen binnen komt, blijft relatief gezien meer laagfrequent geluid over. Na het treffen van maatregelen wordt het aandeel laagfrequent geluid veelal groter.

Wegverkeer

Het buitenstedelijk wegverkeer veroorzaakt meer geluid door toename van het verkeer. De hoeveelheid geluid wordt door maatregelen als schermen en stil asfalt (vooral ZOAB en dubbellaags ZOAB) teruggedrongen, maar daarbij neemt het laagfrequente aandeel duidelijk toe.

Voor binnenstedelijk wegverkeer is lastiger een uitspraak te doen. Er is een grote verscheidenheid aan wegdektypes en binnen het kader van dit onderzoek niet mogelijk om de hoeveelheden daarvan te kwantificeren.

Railverkeer

De toename van het goederenrailverkeer wordt in geluidemissie ongeveer gecompenseerd door het stiller worden van de goederentreinen. De bijdrage van laagfrequent is daarbij ongeveer hetzelfde gebleven.

De afname van het geluid door reizigerstreinen is groter dan de toename van het aantal treinen. Het laagfrequente aandeel is enigszins toegenomen. Resultierend is er een afname van laagfrequent geluid door reizigerstreinen.

Industrielawaai

Hoewel het aannemelijk is dat geluid door industrie in de loop der jaren wat laagfrequenter van karakter is geworden, kan dit door de grote diversiteit van geluidbronnen in de industrie, binnen dit onderzoek, niet worden gekwantificeerd.

Vlieglawaaï (burgerluchtvaart)

Het geluid van vliegtuigen is per vliegbeweging sterk afgenomen, veel sterker dan de toename van het aantal vliegbewegingen. Het aandeel laagfrequent geluid daarin is niet relevant toegenomen.



1 Inleiding

In opdracht van het RIVM is een oriënterend onderzoek verricht naar de mate van blootstelling aan laagfrequent geluid (LFG), en in het bijzonder naar trends daarin in de afgelopen decennia. Daarbij wordt ingegaan op de vraag of er ten aanzien van (weg)verkeerslawaai (VL), railverkeerslawaai (RL), luchtvaartlawaai (LL) en industrielawaai (IL) een toename is opgetreden in de bijdrage van lage frequenties aan het totale geluid.

Verder is verzocht om een aanzet te geven tot het kwantificeren van de omvang aan deze blootstelling, waarbij deze gefocust wordt op de grootste bron van 'gewoon geluid': VL.

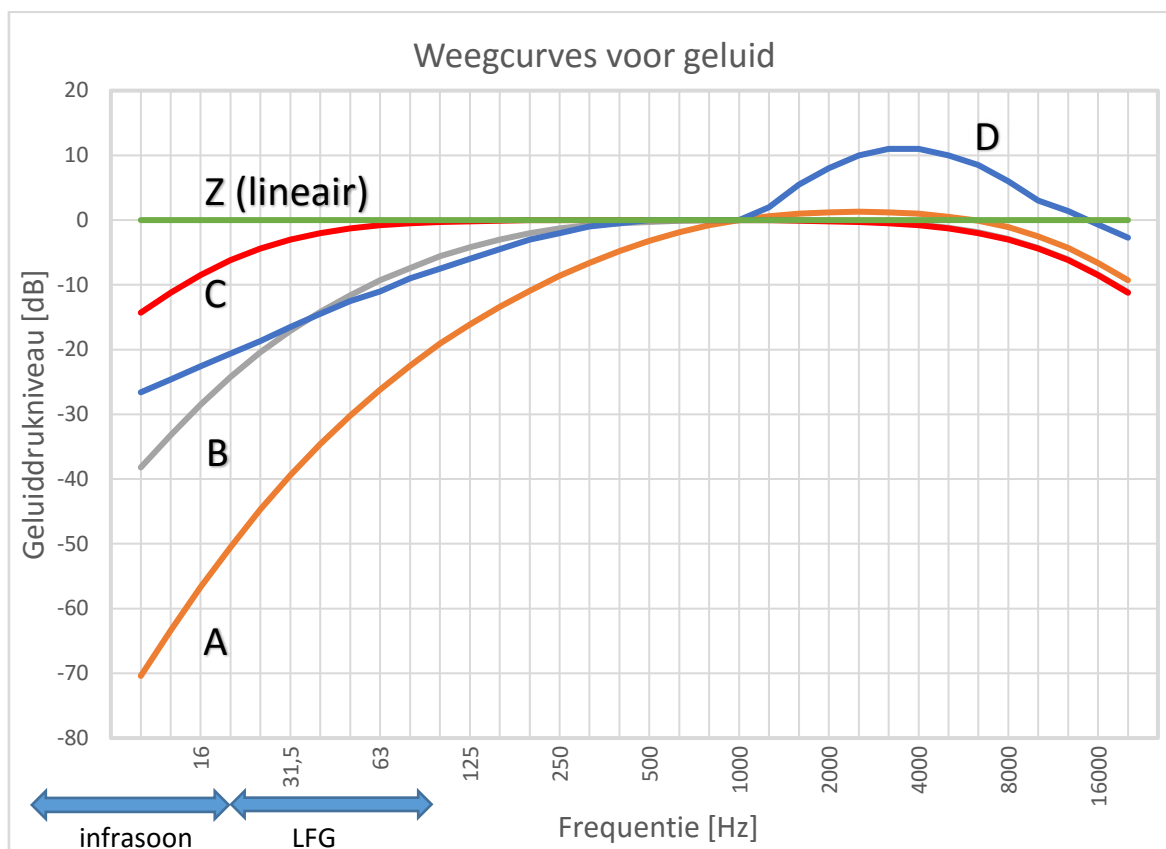
LFG is een lastige problematiek. Het totaal aantal blootgestelden is mogelijk niet zo groot, maar personen met klachten over LFG melden vaak ernstige hinder. Het is daarom gewenst om inzicht te krijgen in de mate van blootstelling aan LFG in Nederland en of er sprake is van een trendmatige toename.

1.1 Wanneer is er sprake van LFG?

Een probleem bij het kwantificeren van LFG is dat er geen sprake is van een éénduidige dosismaat. Er zijn diverse criteria in omloop die zijn bedoeld om hoorbaarheid dan wel hinder vast te stellen (bijvoorbeeld NSG-richtlijn, DIN-norm 45680, ISO 7196, Vercammen-curve). Een aantal van deze criteria wordt ook genoemd in RIVM-rapport 2016-0014 'Meldingen over een bromtoon, Voorlopige GGD-richtlijn Medische Milieukunde' [1-1]. Daarin wordt LFG beschreven als geluid beneden 100 Hz. Deze richtlijn biedt handvatten voor GGD'en om met vragen en klachten (meldingen) over hinder van een bromtoon om te gaan, maar maakt geen keuze voor één van genoemde criteria. Het gaat om het geluid te beoordelen binnen woningen, waar zich mensen bevinden. Daardoor is ook de overdracht van buiten naar binnen van belang.

Waar de precieze grens ligt voor LFG, is uiteraard een kwestie van definitie. In deze notitie wordt voor LFG uitgegaan van geluid tussen 20 en 100 Hz. Geluid onder 20 Hz wordt als infrasoon geluid gekenmerkt. Het LFG betreft dus de tertsbanden van 20 t/m 100 Hz. De 31,5 en 63 Hz octaafbanden maken daar het grootste deel van uit, maar dan worden de 20 en 100 Hz tertsbanden weggelaten. In dit onderzoek is veelal uitgegaan van de bijdrage in de 63 Hz octaafband, aangezien van de 31,5 Hz octaafbanden zeer weinig gegevens bekend zijn.

In deze notitie wordt de algemeen gehanteerde indicator voor LFG gebruikt: het verschil tussen het C-gewogen geluidsdrukkniveau en het A-gewogen geluidsdrukkniveau $L_C - L_A$. De A-correctie corrigeert voor de gevoeligheid van het menselijk gehoor. Het volgt de lijn van gelijke luidheid als 40 dB bij 1000 Hz (isofoon). De correctie neemt toe met het afnemen van de frequentie. De C-weging corrigeert ook voor het menselijke gehoor, maar bij hogere geluidsniveaus. Het is de isofoon van 100 dB bij 1000 Hz. De C-correctie is veel vlakker. In figuur 1.1 worden de weegcurves voor geluid grafisch weergegeven. (De B-curve volgt de isofoon van 70 dB bij 100 Hz; de D-curve is een weegcurve voor vliegverkeer).

**Figuur 1.1**

De weegcurves voor geluid, met het LFG frequentiebereik.

Dus hoe meer laagfrequente componenten er aanwezig zijn in geluid, hoe groter het verschil $L_C - L_A$. Als maatstaf wordt veelal aangehouden dat bij een verschil $L_C - L_A$ van 20 dB er een sterke indicatie is van de aanwezigheid van laagfrequent geluid. Overigens heeft de Duitse norm-commissie die grens teruggebracht naar 15 dB [1-2]. In deze notitie wordt dit verschil gehanteerd als maatstaf voor de hoeveelheid laagfrequent geluid.

Opgemerkt wordt dat alleen het verschil $L_C - L_A$ geen dosismaat is die de mate van hinder beschrijft. Dit verschil zou erg groot kunnen zijn terwijl het onhoorbaar is. Dit verschil zegt alleen iets over het aandeel van lage frequenties binnen het totale geluid. Voor een goede dosismaat of grenswaarde moet er ook iets worden gezegd over het absolute niveau van het geluid.

Omdat de gevelgeluidwering bij lagere frequenties kleiner is dan bij hogere frequenties, zal het verschil $L_C - L_A$ binnen woningen groter zijn dan buiten.

1.2 Algemene trends in de blootstelling aan LFG

Er zijn veel potentiële bronnen van LFG. Het aandeel LFG van een bron hangt af van de specifieke bron. In het algemeen geldt dat maatregelen om geluid te reduceren bij midden- en hoge frequenties relatief eenvoudig zijn. Omdat de doelstelling van geluidreductie meestal gericht is op het terugbrengen van de dB(A)-waarde, is het aannemelijk dat het karakter van het resterende geluid in de loop van de jaren steeds laagfrequenter is geworden.



1.3 Bronnen van informatie en nauwkeurigheid

Hoewel de doelstelling van dit onderzoek is om trends in de mate van blootstelling kwantitatief vast te stellen, is de gebleken dat de beschikbare informatie daarover beperkt is. In verband daarmee wordt in deze oriënterende studie een breed beeld geschetst van de bronnen waar landelijk gezien beleid voor is (VL, RL, IL en LL) en om bij die bronnen vast te stellen of bronzijdig het aandeel laagfrequent geluid is toegenomen. Voor verkeersgeluid wordt een aanzet gegeven voor de kwantitatieve bepaling van LFG en daartoe wordt omschreven welke gegevens nodig zijn.

Dit betekent overigens dat een aantal geluidsoorten niet is meegenomen (bijvoorbeeld bouw-lawaai, installaties op en rond kantoren en woningen, militaire en recreatieluchtvaart, etc.)

Bij het onderzoek, waarbij bureaugegevens, diverse literatuurbronnen, alsmede informatie op internet is geraadpleegd, is het nagenoeg niet mogelijk om informatie te vinden over geluid lager dan de 63 Hz octaafband. Nu is de 63 Hz octaafband onderdeel van LFG, maar het is niet het complete beeld. Desalniettemin kan er op basis van de trends in de 63 Hz band al een eerste beeld geschetst worden over de ontwikkelingen van LFG. Dit wordt met betrekking tot de grootste geluidbron, wegverkeersgeluid, ondersteund door enkele indicatieve geluidmetingen die verricht zijn op enkele plaatsen nabij snelwegen.

Voor alle geluidsoorten geldt dat de waarde in de 63 Hz octaafband slechts een kleine bijdrage levert aan het totale dB(A) geluidniveau. Daardoor is bij de metingen, die ten grondslag hebben gelegen aan de rekenmodellen die in dit onderzoek worden gebruikt, mogelijk niet veel aandacht gegeven aan de nauwkeurigheid van de waarde in deze octaafband. Als metingen correct zijn uitgevoerd voor de invoer van de rekenmodellen, dan is het stoorgeluid daarbij in dB(A) verwaarloosbaar. Dat betekent echter nog niet dat die voor de 63 Hz octaafband verwaarloosbaar was. Desalniettemin wordt de 63 Hz octaafbandwaarde uit rekenmodellen in deze notitie gebruikt als indicator van de hoeveelheid LFG. Dit geeft een bepaalde mate van onnauwkeurigheid. Bij gebrek aan andere informatie is dat het enige waarop dit onderzoek kon worden gebaseerd. Daarnaast geldt uiteraard het algemene gebrek aan betrouwbare gegevens van geluid bij de lagere frequenties, de 20 t/m 40 Hz tertsbanden (of desgewenst lager).

Overigens wordt opgemerkt dat het voor de bepaling van L_C - L_A de voorkeur zou hebben om dit op basis van tertsbandwaarden te doen, vanwege het grote verschil in A-weging tussen de hoogste en laagste tertsband binnen één octaaf. Bijvoorbeeld:

frequentie	A-correctie
50 Hz	30,2 dB
63 Hz	26,2 dB
80 Hz	22,5 dB

Als er in octaafbanden gemeten wordt, dan is de correctie 26,2 dB. Als bijvoorbeeld bij een meting in octaafbanden alle geluid in de 50 Hz tertsband zit, dan had de correctie eigenlijk 30,2 dB moeten zijn: een verschil van 4 dB. Het kan dus een verschillend resultaat geven als je met een A-filter in octaafbanden meet, of lineair meet, en achteraf de A-correctie toepast.



1.4 Gevelgeluidwering en LFG

In het algemeen kan gesteld worden dat de geluidwering van woningen minder is bij lagere frequenties. Dat leidt ertoe dat het geluid in woningen door omgevingsgeluid laagfrequentier van karakter is dan het invallende omgevingsgeluid. Binnen dit onderzoek is nagegaan of op basis van beschikbare geluidmetingen binnen ons bureau aan gevelgeluidwering betrouwbare informatie kon worden ontleend omtrent de gevelgeluidwering in het LFG-gebied, omdat de lagere frequentiebanden vaak wel zijn gemeten. Dit blijkt niet goed mogelijk te zijn, om de volgende redenen.

Bij de normale meting van de gevelgeluidwering wordt buiten de woning een luidspreker opgesteld die geluid maakt op wat grotere afstand, onder 45° van de woning. Dan wordt het 'buitengeluid' gemeten op 2 m afstand voor de gevel. Het binnengeluidniveau wordt gemeten in de verblijfsruimten van de woning. Vaak is het al lastig om voldoende geluidenergie te hebben met de luidsprekers in de 63 Hz octaafband, dat geldt nog sterker voor de lagere frequenties. Bovendien treedt op 2 m afstand voor de gevel in het LFG-gebied sterke interferentie op vanwege de afstand van de microfoon tot de gevel en de golflengtes van het geluid [1-3]. Daardoor wordt het buitengeluidniveau voor LFG niet goed bepaald. Ook is het geluidniveau in de woningen niet betrouwbaar te meten op de (voorgeschreven) posities van het geluid, die voor de hogere frequentiebanden wel voldoen. Binnen de woning is het voor LFG aan te bevelen om het gemiddelde geluiddrukkniveau op een diagonaal door de ruimte te meten, om de invloed van knopen en buiken in het geluidrukveld uit te middelen. Dit betekent dat voor goede metingen van de LFG-geluidwering de meetopzet fundamenteel anders moet zijn dan voor gewoon geluid.

In een onderzoek naar LFG in opdracht van het voormalig ministerie van VROM in 1989/1990 zijn geluidisolatiemetingen verricht aan een aantal woningen. Daarbij is rekening gehouden met de hierboven genoemde problematiek ten aanzien van het meetpunt. Daaruit bleek de volgende (gestileerde) geluidisolatie, die hier gepresenteerd wordt als het verschil tussen het invallende geluiddrukkniveau en het geluiddrukkniveau dat wordt gemeten op de diagonaal van de ontvang-ruimtes. Het geluiddrukkniveau buiten is gemeten op een positie kort voor de gevel, waardoor daar een volledige reflectie optreedt met een niveauverhoging van +6 dB ten opzichte van het invallende geluid. Bij de metingen is verschil gemaakt tussen woonkamers en slaapkamers, onder andere omdat die verschillende afmetingen hebben. In onderstaande tabel worden de waarden gepresenteerd als het verschil tussen het invallende geluiddrukkniveau en het geluiddrukkniveau in de ruimten op de diagonaal. (Dit zijn daardoor 6 dB hogere waarden dan in het oorspronkelijke rapport.)

Vanwege de grote spreiding in de meetresultaten, onder andere door akoestische resonanties in de woningen, is in onderstaande figuur naast het gemiddelde ook de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval gegeven.

Tabel 1.1

Verskil invallende LFG-geluiddrukkniveaus met geluiddrukkniveau in woningen. (bron: [1-4])

	Verskil Lp-invallend - Lp binnen (diagonaal); gestileerd													
Tertsbandmiddenfrequentie	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	Hz
woonkamers; 95% ondergrens	8	10	11	13	15	16	18	19	21	22	24	25	27	dB
woonkamers; gemiddelde	16	18	19	21	23	24	26	27	29	30	32	33	35	dB
slaapkamers; 95% ondergrens	5	6	8	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	dB
slaapkamers; gemiddelde	17	18	20	21	22	24	25	27	28	30	31	33	34	dB



Bij de normen voor de gevelgeluidwering worden verschillende grootheden gebruikt, zoals de 'gewogen geluidreductie-index R_w ' en het 'gestandaardiseerde niveauverschil D_{nT} '. Voor de bepaling van D_{nT} worden bijvoorbeeld in NEN 5077 (1991/2003) normwaarden gegeven. Voor de bepaling van R_w worden in de NEN-EN-ISO 717-1 (1997/2013) zogeheten referentiewaarden gegeven. Deze referentie- of normwaarden zijn vastgesteld op basis van haalbare waarden voor normale (traditionele) woningbouw. De berekeningen van R_w en D_{nT} uit de meetresultaten zijn verschillend. De waarden van de norm- of referentiewaarden verschillen 2 dB, maar de vorm van de referentiecurven is identiek, zie onderstaande tabel.

Tabel 1.2

Normwaarden voor bepaling D_{nT} en R_w

	125	250	500	1000	2000	Hz
NEN 5077 - 1991/2003; Normwaarden voor D_{nT}	34	43	50	53	54	dB
NEN-EN-ISO 717-1 (1997/2013), referentie waarde voor R_w	36	45	52	55	56	dB

De referentiecurven in bovenstaande tabel geven een redelijk beeld van de typische frequentie-karakteristiek van woningen. Bij 31,5 en 63 Hz staan geen waarden.

In situaties waarbij hogere geluidisolaties gerealiseerd moeten worden, wordt veelal dikker glas toegepast en/of een grotere spouw. Dubbel glas is vanwege thermische isolatie reeds gangbaar. Ook worden vaak geluiddempende ventilatieroosters toegepast. Het dikkere glas geeft een verbetering over alle frequenties; de geluiddempende roosters geven vooral een verbetering bij de midden- en hoge frequenties. Dit wordt soms gecombineerd met een verzwaring van de overige geveldelen. Deze effecten gezamenlijk leiden er in het algemeen toe dat de geluidisolatie bij hogere frequenties meer toeneemt dan die bij lage frequenties. Vanwege de eerder genoemde problemen bij het meten van laagfrequent geluidisolatie, is er praktisch geen informatie beschikbaar over de laagfrequent geluidisolatie van woningen op basis van metingen in de praktijk.

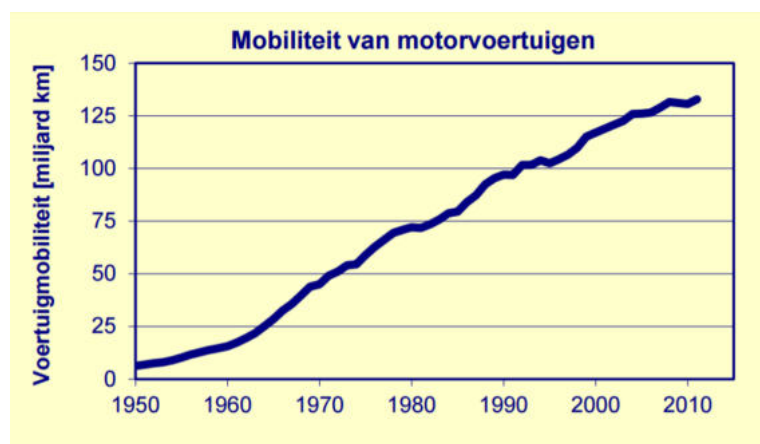
Opmerking ten aanzien van standaardspectra verkeerslawaaï

Voor de bepaling van de geluidwering van de gevel ('uitwendige scheidingsconstructie') wordt in het Bouwbesluit norm NEN 5077 voorgeschreven [1-5], in samenhang met NEN-EN-ISO 717-1. Dit spectrum is onafhankelijk van de specifieke situatie. Daardoor heeft de samenstelling van het verkeer, het type wegdek, de afstand tot de weg en eventueel aanwezige afscherming geen invloed. Dat leidt ertoe dat bij het ontwerpen van de gevelgeluidwering het daadwerkelijke spectrum niet wordt gehanteerd. Het spectrale effect van maatregelen, zoals stille wegdekken of afscherming, wordt dus niet meegenomen. Als daardoor meer laagfrequent geluid aanwezig is, dan leidt dat in de praktijk tot een lagere gevelwering dan berekend, en dus tot meer geluid in de woning dan was bedoeld volgens de regelgeving.

2 Wegverkeerslawaaï (VL)

2.1 Historische ontwikkelingen VL op hoofdlijnen

Het verkeer, en dus verkeerslawaaï, ofwel verkeersgeluid, is in de loop der jaren gestaag toegenomen [2-1]. Dit geldt zowel voor rijkswegen, provinciale wegen als gemeentelijke wegen. De toename van geluid van wegverkeer treedt in hoofdzaak op door meer gereden kilometers (zie figuur 2.1). Dit gebeurt op een geleidelijk groter wordend wegennet. De totale weglengte in Nederland is tussen 2001 en 2016 toegenomen van 130.466 naar 139.124 km (+ 6,6%) [2-2].



Figuur 2.1

Motorvoertuigmobiliteit, in miljard km. Bron: CBS - Statistiek van de Wegen (1950-1989) en Verkeersprestaties (1990-2011) (opmerking: tussen 2011 en 2015 ongeveer constant).

Met de Wet geluidhinder (Wgh) is vanaf circa 1980 geprobeerd om de toename van het geluid door wegverkeer te beperken. Destijds werd verwacht dat verkeer geleidelijk aan stiller zou worden, maar dit bleek in de praktijk niet zo te zijn, vooral door de sterke toename van het volume. Ook auto's werden nauwelijks stiller bij hogere snelheden onder andere doordat banden steeds breder werden. De Wgh heeft geleid tot diverse maatregelen, zoals afscherming langs wegen en de toepassing van stille wegdekken. De eerste proeven met geluidschermen langs wegen zijn in 1975 verricht. Na de invoering van de Wgh kwam het saneringsprogramma tot stand, waarin werd vastgelegd welke woningen in aanmerking kwamen voor eventuele maatregelen tegen geluid. Vanwege het grote aantal daarvan en het beperkte budget, is dat programma nog niet afgerond, met name langs binnenstedelijke wegen. Op diverse plaatsen langs snelwegen heeft de sanering VL geleid tot hoge schermen, zoals:

- A2 geluidscherm Maarssenbroek: 12 meter;
- A10 geluidscherm Diemen: 10 meter;
- A15 geluidscherm Portland: 13 meter;
- A16 geluidscherm Dordrecht: 10 meter;
- A28 geluidscherm Amersfoort-Schuilenburg: 11 meter.

Er staat totaal circa 500 km aan geluidschermen langs wegen. Dit zijn vaak lagere schermen, die een toename van het geluid door meer verkeer compenseren. Gezien het totaal aan wegen van circa 140.000 km, zijn de meeste wegen dus niet afgeschermd. Schermen staan meestal juist daar waar veel mensen nabij de snelwegen wonen.



Voor de trends ten aanzien van LFG zijn de volgende aspecten van belang in de buitenstedelijke situatie.

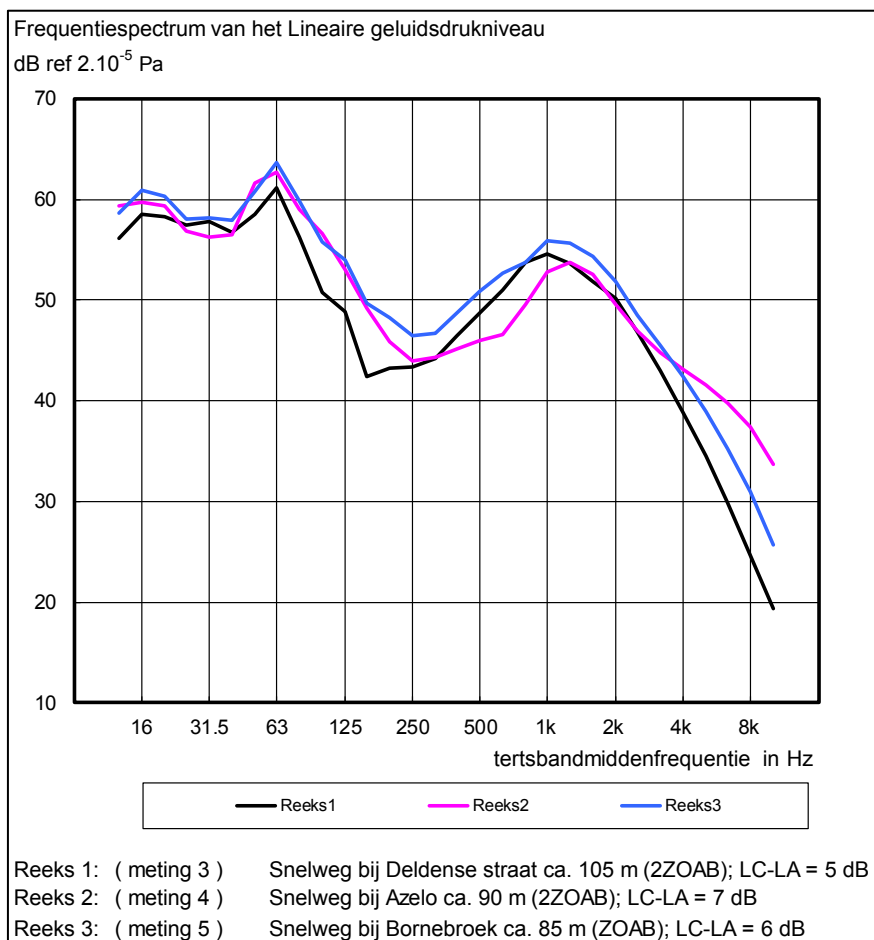
- De toename van het verkeer. Totaal gezien is het verkeer tussen 1980 en 2010 ongeveer verdubbeld, wat gelijk staat aan een toename van het geluid van circa 3 dB.
- Gevolgen van wijzigingen aan het wegdek. In 1980 zal het meeste asfalt bestaan hebben uit het referentiewegdek (Dicht Asfaltbeton, DAB of Steenmastiekasfalt, SMA met vergelijkbare geluidemissie). Tegenwoordig bestaat een groot deel van het rijkswegennet uit ZOAB of dubbellaags ZOAB (2ZOAB). Voor het beschrijven van de trend zijn daarom deze drie wegdektypen met elkaar vergeleken.
- De gevolgen van de geluidschermen langs de wegen. Daar waar geluidschermen staan neemt het totale geluiddrukkniveau achter het scherm af, maar neemt het aandeel laagfrequent geluid van het overblijvende geluid toe.

Opmerking 1: de gevolgen van nieuwe typen stille banden zijn voor het geluid van belang. Er wordt - mede op grond van Europese regelgeving (Richtlijn inzake labelling banden - 7 april 2009) - in toenemende mate aandacht besteed aan het stiller maken van autobanden, en via het Bandenlabel (sinds 2012) wordt ook de consument hierover ingelicht (<http://www.nsg.nl/file/244/>). Er zijn echter geen spectrale gegevens van het effect van stille banden gevonden.

Opmerking 2: naarmate wegdekken en banden stiller worden, zal de deelbijdrage van motorgeluid gaan toenemen. Dit is wellicht een reden waarom stille wegdekken en de invloed van stille banden niet of nauwelijks leidt tot geluidreductie bij de lage frequenties. Dit effect zit in rekenmodellen wellicht al (gedeeltelijk) verwerkt in de wegdekcorrecties van stille wegdektypes.

Om een beeld te verkrijgen van de bijdrage van laagfrequent geluid aan het totale geluidniveau nabij snelwegen, zijn op een drietal punten indicatieve geluidmetingen verricht tijdens een avondspits. Op twee punten bij een snelweg met ZOAB en op één punt bij een snelweg met 2ZOAB. Dit geeft de grafieken met resultaten in figuur 2.2.

De grafieken zijn slechts indicatief. Het betrof trajecten met 120 km/u toegestane snelheid; het aandeel middelzware en zware vrachtwagens is onbekend, evenals de specifieke onderhoudstoestand van het wegdek op de trajecten. De overdracht vond plaats over een zacht bodemgebied. Ter informatie is in de grafieken het verschil $L_C - L_A$ genoemd.

**Figuur 2.2**

Resultaten indicatieve geluidmetingen op circa 100 m afstand van snelwegen

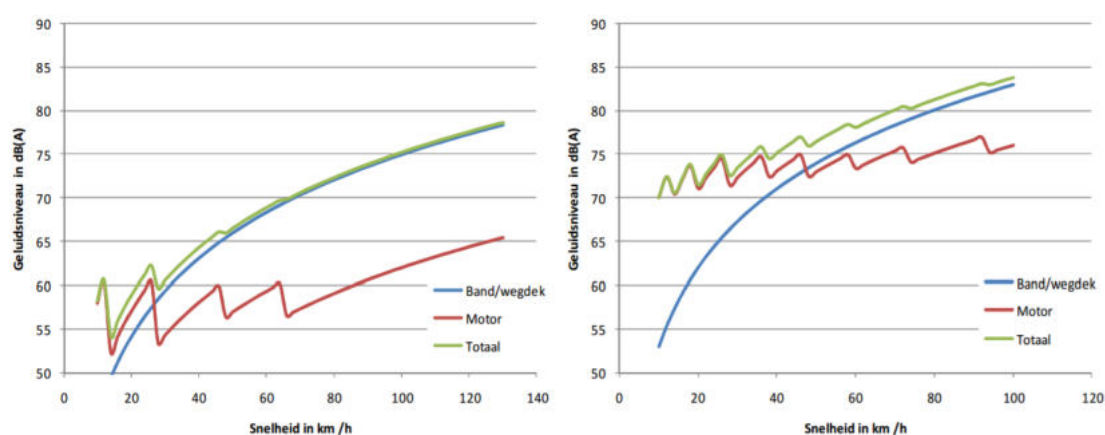
Uit figuur 2.2 blijkt duidelijk dat er in het (lineaire) geluidsspectrum een piek optreedt in de 63 Hz tertsbands. Aangezien het lineaire spectrum bij lagere frequenties weer iets afneemt, geeft dit aan dat voor het buitengeluidniveau bij snelwegen de 63 Hz octaafband dominant is voor het laag-frequente geluid (de gevoeligheid voor waarneming neemt immers sterk af met afnemende frequentie). Dat geeft ook aan dat het verschil tussen het C-gewogen en A-gewogen geluidsdruk-niveau met redelijke betrouwbaarheid kan worden bepaald uit de berekende octaafbandwaarden.

In de binnenstedelijke situatie zijn ZOAB en 2ZOAB om civieltechnisch redenen minder geschikte keuzes. Bovendien zijn de rijsnelheden anders, typisch zo'n 50 km/u. Er worden binnen steden diverse types stil wegdek gebruikt, de zogeheten dunne deklagen. Deze worden sinds ongeveer 2000 in toenemende mate toegepast [2-3]. De wegdekcorrecties die gebruikt worden in het reken- en meetvoorschrift 2012 om het akoestische effect van het verschillende wegdekken te beschrijven zijn beschikbaar via de website van Infomil. De basis daarvan lag in de CROW Publicatie 316 'De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer 2012' [2-4]. In deze publicatie staan de waarden van 14 verschillende typen wegdekken. De ontwikkeling van verschillende wegdektypen is sinds 2012 in hoog tempo gegaan, aangezien de tabellen inmiddels zijn aangevuld met 27 nieuwe wegdek-typen. Er zijn wegdekken met geluidreducties bij 50 km/u tot 5 dB(A). Beoordeeld op weglengten, loopt de toepassing van stille wegdekken voor binnenstedelijke situaties achter ten opzichte van het gebruik van ZOAB en 2ZOAB op snelwegen.



Momenteel is de Europese richtlijn omgevingslawaai (Europese Richtlijn 2002/49/EG) een belangrijke drijfveer voor het uitvoeren van actieplannen om binnen steden aan lawaai bestrijding ten gevolge van wegverkeer te doen. De eerste maatregelen uit de actieplannen moeten in de periode 2013-2018 worden uitgevoerd en worden daarna 5-jarlijks bijgesteld. De eerste uitvoeringsperiode is nog niet verstreken.

Voor zwaar verkeer is de geluidemissie op deze wegdektypen bij lage snelheden veelal niet bekend. Naar verwachting is het effect minder dan bij personenauto's. Deze geluidemissie wordt namelijk bij lagere snelheden, naast band-wegdekgeluid, mede bepaald door het motorgeluid. Motorgeluid is veelal laagfrequentier dan band-wegdekgeluid. De onderverdeling van band-wegdekgeluid en motorgeluid wordt getoond in figuur 2.3.



Figuur 2.3

De geluidbronnen van een motorvoertuig zijn de motor en de aandrijving, inclusief ventilatie, aandrijflijn en uitlaat, het band-wegdekgeluid (inclusief aerodynamisch geluid) in relatie tot de rijnsnelheid. Links voor personenauto's en rechts voor vrachtauto's. Bron: [2-5]

Wel is het van belang dat het aandeel zwaar verkeer in binnenstedelijke situaties veelal een stuk lager is dan buitenstedelijk, zodat het effect op de totale emissie mogelijk toch in hoofdzaak wordt bepaald door het wegdekeffect bij lichte voertuigen.

2.2 Globale kwantificering op LFG

Bij de kwantificering wordt onderscheid gemaakt in binnenstedelijke situaties (snelheid 50 km/u) en buitenstedelijke situaties (snelheid tussen 80 en 120/130 km/u). Om de effecten van het wegdektype en van afscherming te kwantificeren, zijn berekeningen uitgevoerd in een zeer eenvoudige situatie. Daarbij is een lange rechte weg gemodelleerd en zijn beoordelingspunten gelegd op 40 m, 100 m, 400 m en 1000 m, op 5 m hoogte. De berekening is uitgevoerd met rekenvoorschrift RMG2012, met behulp van Geomilieu 4.00.

Opmerking: het is mogelijk dat in de loop der jaren de emissiekentallen voor wegverkeersgeluid in de rekenmodellen zijn aangepast, naar aanleiding van gewijzigde situaties van wegen en voertuigen. Dit punt is in deze oriënterende studie niet nader onderzocht. Aangenomen is dat de huidige kentallen in de rekenmethoden, die verkregen zijn door de interpolatie van meetresultaten, nog steeds een goede beschrijving geven van de geluidemissie van de situatie uit het verleden.



2.2.1 Buitenstedelijke situatie

Voor buitenstedelijke situaties is gekeken naar de genoemde wegdektypen, waarbij een snelweg is gemodelleerd als een enkele rijlijn. Er is uitgegaan van een dagperiode met totaal 12000 motorvoertuigen, waarvan 70% lichte voertuigen, 10% middelzware vrachtwagens en 20% zware vrachtwagens. Ook is gekeken naar de effecten die optreden als een 4 en een 8 m hoog scherm worden toegepast. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel, waarbij steeds de afname van het dB(A) niveau is weergegeven en het verschil L_C-L_A als maat voor het laag-frequente karakter van het geluid.

Tabel 2.1

Overzicht resultaten VL en bijdrage LFG (verschil L_C-L_A) voor buitenstedelijk verkeer.

			ZONDER SCHERM			4 m scherm		8 m scherm	
referentie-wegdek (DAB)			Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	dB(A)	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	62,4			6	8	8	16	12
02_A	punt 100m	57,4			7	9	9	16	13
03_A	punt 400m	47,6			10	10	13	17	17
04_A	punt 1000m	39,8			12	10	16	17	19
ZOAB			Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving		dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m		2	-1	9	9	10	16	14
02_A	punt 100m		2	-1	9	9	11	16	14
03_A	punt 400m		1	-2	12	10	15	17	18
04_A	punt 1000m		1	-2	15	10	17	16	20
Dubbellaags ZOAB			Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving		dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m		4	-1	11	12	12	19	16
02_A	punt 100m		4	-1	11	12	13	19	17
03_A	punt 400m		4	-1	15	13	17	19	20
04_A	punt 1000m		3	-1	17	13	20	18	22

Uit tabel 2.1 blijkt het volgende.

- Met het toenemen van de afstand tot wegen, neemt het geluidniveau uiteraard sterk af, maar het LFG-karakter (verschil L_C-L_A) neemt toe, vanwege de frequentie-afhankelijke lucht-absorptie. Dit geldt overigens niet specifiek voor geluid van verkeer, maar voor geluid van alle soorten bronnen.
- Door het gebruik van ZOAB in plaats van DAB treedt een afname op van het dB(A)-niveau met 1 á 2 dB(A). Het lineaire geluidniveau neemt echter met 1 á 2 dB toe. Dit komt door een toename van het geluid in de 63 Hz band met circa 2 dB. Dit leidt tot een circa 3 dB groter verschil L_C-L_A , dus een laagfrequenter karakter van het geluid.
- Door het gebruik van 2ZOAB in plaats van DAB treedt een afname op van het dB(A)-niveau met 3 á 4 dB(A). Het lineaire geluidniveau neemt echter met 1 dB toe. Dit komt door een toename van het geluid in de 63 Hz band met circa 2 dB. Dit leidt tot een circa 5 dB groter verschil L_C-L_A , dus een aanmerkelijk laagfrequenter karakter van het geluid.
- Bij het gebruik van 4 m hoge geluidschermen treedt een afname op van het dB(A)-niveau van 8 tot 10 dB(A). Het aandeel laagfrequent (verschil L_C-L_A) neemt toe met circa 2 á 3 dB(A) voor alle wegdektypen.
- Bij het gebruik van 8 m hoge geluidschermen treedt een afname op van het dB(A)-niveau van 16 tot 17 dB(A) bij DAB en met circa 15 dB(A) bij ZOAB en 2ZOAB. Het aandeel laagfrequent (verschil L_C-L_A) neemt toe met circa 5 á 6 dB voor DAB, ZOAB en 2ZOAB.



De toename van het laagfrequente geluid van circa. 2 dB bij stille wegdektypes lijkt op het eerste gezicht beperkt te zijn. Er moet echter rekening gehouden worden met de toename van het verkeer. Het stille wegdek is aangelegd om de toename van het geluid in dB(A) teniet te doen. Maar die toename wordt voor het LFG niet teniet gedaan. Dat betekent dat de totale toename van het LFG bestaat uit de toename van het aandeel laagfrequent geluid, door het stille wegdek in plaats van het referentiewegdek, opgeteld bij de toename van het totale geluid door de toegenomen verkeersstroom. Het is daardoor een redelijke aanname te stellen dat de LFG toename gelijk is aan de afname van het dB(A)-niveau door het stille wegdektype plus de toename door de toename van het verkeer. Dit is bij gebruik van ZOAB dan een toename van circa 3 dB, en bij ZZOAB dan een toename van circa 5 dB.

2.2.2 Binnenstedelijke situaties

Het is binnen het kader van deze oriënterende studie niet mogelijk (qua tijd) om te achterhalen hoever verschillende actieplannen van verschillende gemeenten momenteel zijn, en met welke wegdektypes er zoal wordt gewerkt (zie bijvoorbeeld actieplan Amsterdam [2-6] resp. Rotterdam [2-7]). Daarbij is het onduidelijk wat in binnensteden de situatie langer geleden was. Dus zowel de historisch situatie als de huidige situatie is binnen dit onderzoek onbekend.

Op basis van de waarden van Cwegdek is gekeken naar de geluidreductie in dB(A) van alle beschikbare wegdektypen ten opzichte van het referentiewegdek. Ook kan worden aangegeven wat de toename is bij de 63 Hz octaafband (ten opzicht van het referentiewegdek, DAB). Dit is weergegeven in tabel 2.3. Opgemerkt wordt dat een aantal wegdektypes aanmerkelijk meer geluid veroorzaakt. Dit betreft vooral elementenverharding (straatstenen). Er zijn overigens ook een aantal stille types elementenverharding ontwikkeld met een goede akoestische prestatie. Voor asfaltwegdekken geldt dat de maximale geluidreductie 5 dB bedraagt; er is ook een maximale toename mogelijk van de bijdrage in de 63 Hz octaafband van 5 dB. Ook is er een 2,5 dB stiller asfalt mogelijk, dat bij 63 Hz juist 1,5 dB minder geluid maakt. Het gemiddelde is 3 dB(A) stiller dan DAB, en heeft 1 dB meer geluid bij 63 Hz.

Totaal gezien geldt dat het niet mogelijk is om, zonder een redelijk onderbouwde verdeling van de verschillende wegdektypes in het verleden en heden, het globale effect van de ontwikkelingen op het laagfrequente deel globaal te kwantificeren. Dit kan, extreem gesteld, liggen tussen -2 dB en + 5 dB. Het is daardoor niet mogelijk om aan de verzamelde informatie conclusies te verbinden over het laagfrequente karakter van binnenstedelijk verkeer.

**Tabel 2.3**

Geluidreducties van wegdektypes bij 50 km/u en toename geluid bij 63 Hz octaafband
(Binnenstedelijke situaties, vergelijking met referentiewegdek)

Lichte motorvoertuigen		Wegdeksoort	Geluidreductie dB(A)	Toename 63Hz dB
Nr	Wegdektype/-product			
0	referentiewegdek	asfalt	0,0	0,0
1	1L ZOAB	asfalt	0,1	1,3
2	2L ZOAB	asfalt	3,9	0,7
4a	SMA 0/5	asfalt	1,7	1,0
4b	SMA 0/8	asfalt	0,6	0,5
8	oppervlaktbewerking	asfalt / beton	-2,9	1,0
9a	elementenverharding keperverband	elementen	-1,9	7,3
9b	elementenverharding niet in keperverband	elementen	-5,5	11,3
10	stille elementenverharding	elementen	1,7	7,1
11	dunne deklagen A	asfalt	2,9	1,3
12	dunne deklagen B	asfalt	4,7	0,1
13	SilentWay (keperverband)	elementen	2,9	4,4
14	Microtop 0/6	asfalt	5,3	0,0
15	ZSA-SD	asfalt	5,1	-0,5
16	Konwé Stil	asfalt	3,5	0,1
18	Dubofalt	asfalt	4,8	-0,1
19	Micropave	asfalt	4,4	0,8
20	Nobelpave	asfalt	4,8	1,3
21	Microflex-SMA	asfalt	2,6	0,8
22	GRAB	asfalt	4,6	4,9
23	Microflex	asfalt	4,7	-0,5
24	Topfalt	asfalt	4,5	-0,3
25	Deciville	asfalt	4,1	1,6
26	SMA-NL8 G+	asfalt	2,5	-1,5
27	Durasilent	elementen	1,0	5,4
28	MODUS	asfalt	2,1	5,1
29	Stil Mastiek 8	asfalt	3,0	4,3
30	GeoSilent (keperverband)	elementen	0,6	2,5
31	KonwéCity	asfalt	4,2	0,2
32	SMA GRA 8 COIt®	asfalt	2,5	-0,1
33	SMARDpave	asfalt	2,6	-0,8
35	VIAGRIP	asfalt	3,4	0,9
36	RubberPave A	asfalt	3,4	0,5
37	SGA	asfalt	1,5	0,8
38	Redufalt 2G	asfalt	2,8	0,9
39	RubberPave B	asfalt	5,3	-0,8



2.3 Conclusies en bespreking

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

2.3.1 Buitenstedelijk

1. De stille wegdektypes ZOAB resp. 2ZOAB geven een afname van het dB(A) geluidniveau van circa 1 á 2 resp. circa 4 dB(A), maar geven beide een toename van het geluid bij lage frequenties van 1 á 2 dB. Als het stille wegdek aangelegd is om te compenseren voor de toename van de hoeveelheid verkeer, dan kan dat betekenen dat er in de praktijk bij ZOAB een toename van het LFG optreedt van circa 3 á 4 dB en bij 2ZOAB van 5 á 6 dB.
2. Bovenstaande leidt er toe dat het karakter van verkeersgeluid, zeker op grotere afstanden van wegen, in toenemende mate het karakter van LFG krijgt. Dit geldt zeker als rekening gehouden wordt met de frequentie karakteristiek van geluidwering van woningen.
3. Door toepassing van schermen neemt het geluid in dB(A) sterk af, maar het LFG-karakter van verkeersgeluid neemt sterk toe, wat blijkt uit de toename van het verschil $L_C - L_A$.
4. Op grotere afstand van de wegen neemt het laagfrequente karakter van verkeersgeluid toe.

2.3.2 Binnenstedelijk

5. Er is veel informatie gevonden over de geluidemissie van verschillende typen stille wegdekken, waarbij per wegdektype kan worden bepaald hoeveel. Omdat onduidelijk is hoeveel wegdek er van elk type ligt, is het moeilijk om dit te kwantificeren. De afname van het dB(A) geluid ligt tussen 0 en 5 dB(A); De toename van het aandeel geluid bij 63 Hz ligt tussen -2 en + 5 dB. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het effect van de toename van het binnenstedelijk verkeer.

2.3.3 Werkwijze voor nauwkeuriger bepaling blootstelling aan LFG

Als het nodig is om de blootstelling aan LFG door wegverkeer nauwkeuriger in beeld te brengen, moet daarvoor een vergelijkbare inspanning gedaan worden als voor gewoon verkeersgeluid. Daarvoor zijn de volgende onderdelen noodzakelijk.

1. Het bepalen van de relevante wegdektypes. Voor buitenstedelijk verkeer is dit redelijk duidelijk; voor binnenstedelijk verkeer is dat waarschijnlijk een groter aantal typen wegdek.
2. De LFG-geluidemissie moet per wegdektype en verkeerscategorie door middel van metingen worden bepaald. Dat moet dan in tertsbanden gebeuren, in elk geval van 20 tot 125 Hz (bijvoorbeeld met 'Statistical Pass By' methode of variant daar op).
3. Voor de berekening moet een rekenprogramma ontwikkeld worden (of een bestaand rekenprogramma aangepast), waarmee de LFG-geluidemissie kan worden berekend opdat daar bijvoorbeeld geluidcontouren mee kunnen worden bepaald. Mogelijk moeten sommige onderdelen, zoals de bodemdamping ΔL_B , daarvoor aangepast worden om geen te hoge waarden te berekenen.

Toelichting: De bodemdamping ΔL_B is gedefinieerd in het RMG2012, paragraaf 2.8. Voor de 63 Hz octaafband is ΔL_B opgebouwd uit een term die afhangt van bron- en ontvangerhoogte en de ontvangerafstand, met een afsluitende term -6 dB. Bij de hogere frequenties is de eerste term ook afhankelijk van de bodemfactoren in bron-, midden- en ontvangergebied, en is de afsluitende term -2 dB. Die term -6 dB heeft als gevolg dat de bodemreflectie bij 63 Hz, ongeacht de bodemfactoren, altijd volledig is (0% absorptie) en daar nog 3 dB aan toevoegt. Dit is bij het opzetten van de rekenmodellen destijds een bewuste, conservatieve keuze geweest, omdat lokaal op een enkel punt er door interferentie inderdaad een hoger niveau kan optreden. Bij berekening van contouren van LFG is het wellicht wenselijk om een gemiddelde na te streven en zou die -6 dB wellicht door bijvoorbeeld -3 dB kunnen worden vervangen.



Als bijvoorbeeld naar de indicatieve metingen wordt gekeken, dan is daarbij op 100 m een verschil $L_C - L_A$ vastgesteld tussen 5 en 7 dB. Dit is aanmerkelijk minder dan wat op 100 m is berekend, maar daarvan was bijvoorbeeld de samenstelling van het verkeer onbekend. Door bovenstaande argument kan mogelijk een deel van dit verschil worden verklaard, maar het lijkt er op dat de rekenmodellen voor de lage frequenties te hoge niveaus berekenen. Dat heeft geen invloed op het bepalen van de trend van de ontwikkeling van LFG; het heeft wel invloed op de daadwerkelijke hoeveelheid LFG wat aanwezig is.

4. Daarbij moet aandacht besteedt worden aan de presentatie van het eindresultaat, aangezien de meeste beoordelingsmethoden voor LFG niet uitgaan van een sommatie van geluidenergie, zoals bij de dB(A), maar van het vergelijken van de waarden in tertsbanden met een bepaalde grenscurve. Bij die grenscurve moet rekening gehouden worden met de geluidoverdracht naar binnen, wat zorgt voor een 'kanteling' van het spectrum. Daarvoor moet dan een keuze gemaakt worden van welke laagfrequente gevelgeluidwering dan uitgegaan moet worden.
5. Om tot een beoordelingswaarde te komen, is het nodig om beter inzicht te hebben in de LFG geluidwering van woningen. Daartoe zijn wellicht geluidmetingen nodig van de geluidwering van een groter aantal woningen, rekening houdend met de speciale omstandigheden zoals die gelden voor LFG.



3 Railverkeerslawai (RL)

3.1 Historische ontwikkelingen RL op hoofdlijnen

Bij railverkeerslawai wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen die voor de geluid-emissie van belang zijn. Dit wordt onderverdeeld naar materieel, sporen (bovenbouw) en de dienstregeling.

Materieel

- Vervanging van reizigersmaterieel door moderner materieel. Zo is in 2016 het zogeheten materieel '64 definitief uit de dienstregeling genomen. Dit materieel was nog met gietijzeren blokremmen voorzien, wat gepaard gaat met een grotere ruwheid van de wielen en daardoor meer geluid.
- Uitmateriëren van dieselmaterieel: aan einde levensduur vervangen door elektrisch materieel.
- Uitmateriëren van blokgeremd reizigersmaterieel en vervanging door schijfgeremd materieel.
- Uitmateriëren (sinds 2006) van goederenwagons met gietijzeren remblokken en vervangen door wagons met K-remblokken, en sinds 2013 vervangen van bestaande wagons met LL-remblokken.

Sporen/bovenbouw

- Spoorstaven zijn in het algemeen niet meer onderbroken, maar doorgelast. Vanaf de jaren 1970/1980 is de railbeheerder voegenspoor grootschalig gaan vervangen door doorgelast spoor. Momenteel is circa 70% van de rails voegloos [3-1]. Alleen op minder druk bereden trajecten ligt nog voegenspoor.
- Houten dwarsliggers zijn vervangen door betonnen dwarsliggers; op kritische locaties wordt gebruik gemaakt van ingegoten spoorstaven of spoordempers.
- Op kritische locaties worden spoorstaven geconditioneerd, vaak voor beperking van booggeluid. Dit blijkt ook gunstig voor onderhoud en levensduur. Dit gebeurt in zeer beperkte mate.
- Betere beheersing railruwheid door onderhoud te optimaliseren, gericht op geluidaspecten (vaker slijpen).
- Aanleg van nieuwe sporen, bijvoorbeeld Hanzelijn, Betuweroute, Hoge Snelheidslijn.
- Toepassen van geluidschermen naast het spoor.

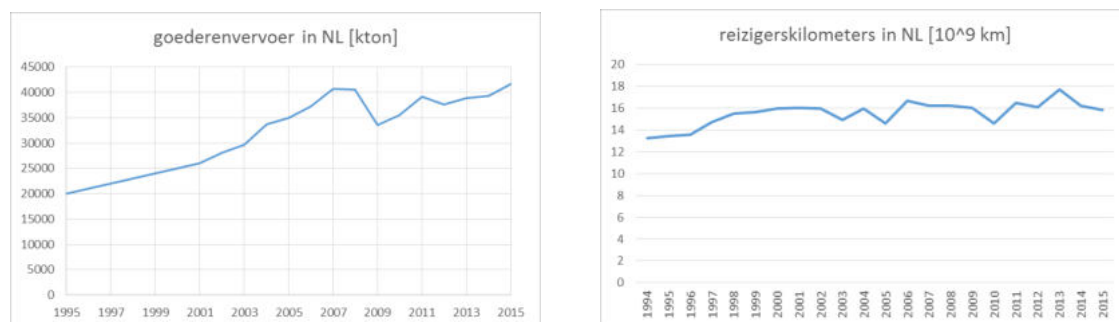
Dienstregeling

- Intensiever gebruik van sporen (programma hoogfrequent spoor).
- Hogere snelheid op sporen (bijvoorbeeld HSL) en toelaten hogere snelheid voor goederentreinen (sinds 2013 op veel trajecten 95 km/u in plaats van 85 km/u [3-2]).
- Meer goederenverkeer (Betuweroute; IJsselroute).
- Een deel van het extra goederenverkeer vindt 's nachts plaats, aangezien er overdag niet altijd ruimte voor is in de dienstregeling.

Opmerking: Bij spoorweggeluid is de geluidemissie van stalen spoorbruggen van belang. Er staan in Nederland volgens het geluidregister 1700 bruggen, waarvan 450 van staal, de rest van beton. Op een stalen spoorbrug ontstaat veelal aanmerkelijk meer geluid, met een groot aandeel bij lagere frequenties. Dit zal zeker nabij de spoorbruggen een aanmerkelijk effect hebben, aangezien de geluidemissie een laagfrequent karakter heeft. De brugtoeslag voor (stalen) bruggen in het geluidregister is een grootheid die per octaafband opgegeven kan worden. Een beschouwing daarvan leert echter dat er alleen toeslagen zijn opgenomen die gelijk zijn voor alle octaafbanden (de file: geluidtoeslag.csv volgens het Geluidregister). Het is zonder extra onderzoeksinspanning niet te achterhalen of er momenteel meer laagfrequent geluid door spoorbruggen ontstaat dan in het verleden.



De toename van het gebruik per spoor wordt aangegeven in de volgende twee grafieken, die de ontwikkelingen van het goederenvervoer en het reizigersvervoer over de laatste jaren weergeven.



Figuur 3.1

Ontwikkelingen in goederen- en reizigersvervoer in Nederland (bron: CBS en Kennisinstituut Mobiliteit, [3-3])

Uit figuur 3.1 blijkt dat de toename in goederenvervoer groter is dan die van het reizigersvervoer. De groei van het goederenvervoer heeft na 2008 een dip gehad, die waarschijnlijk veroorzaakt is door de kredietcrisis. Vanaf 2009 is weer een gestage groei te zien. De toename van het goederenvervoer is in 20 jaar tijd circa 100% ofwel een toename van 3,0 dB. De groei van het reizigersvervoer over 20 jaar is 17% ofwel een toename van 0,7 dB. Voor een periode van 30 jaar wordt dit geschat op circa 4 dB voor goederenverkeer en 1 dB voor reizigersverkeer.

3.2 Globale kwantificering op LFG

Bij de historische trends ten aanzien van de invloed van materieel en sporen/bovenbouw zijn de goederentreinen en reizigerstreinen apart beschouwd. Voor de kwantificering zijn een aantal vergelijkende berekeningen gemaakt.

Daarbij is een lange rechte spoorweg gemodelleerd en zijn een viertal beoordelingspunten gelegd op 40 m, 100 m, 400 m en 1000 m. De berekening is uitgevoerd met het rekenvoorschrift RMG2012, met behulp van GeoMilieu 4.00.

Opmerking: Het is mogelijk dat in de loop der jaren de emissiekentallen voor spoorweggeluid in de rekenmodellen zijn aangepast, naar aanleiding van gewijzigde situaties op en rond het spoor en de railvoertuigen. Dit punt is in deze oriënterende studie niet nader onderzocht. Aangenomen is dat de huidige kentallen in de rekenmethoden nog steeds een goede beschrijving geven van de geluidemissie van de situatie uit het verleden.

3.2.1 Goederentreinen

Voor goederentreinen is als modelsituatie voor de 'historische situatie' de volgende beschrijving genomen.

- 200 goederenwagens (cat. 4 in rekenmodel), 80 km/u
- Vijf locomotieven (blokgeremd: cat. 5 in rekenmodel), 80 km/u
- Voegenspoor (niet doorgelaste spoorstaven)

Voor de modelsituatie voor de 'huidige situatie' is het volgende aangenomen.

- 200 goederenwagens (cat. 4 in rekenmodel), 90 km/u
- Vijf locomotieven (schijfgeremd: cat. 6 in rekenmodel), 90 km/u
- Betonnen dwarsliggers (doorgelaste spoorstaven).



Verder is gekeken naar de invloed van 2 m hoge afscherming nabij het spoor (op 8 m van bronlijn). De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel, waarbij de afname van het dB(A)-niveau is weergegeven en het verschil L_C-L_A als maat voor het laagfrequente karakter van het geluid.

Verder is een 'toekomstige situatie' doorgerekend, voor de situatie waarbij de goederenwagons voorzien zouden worden van K-remblokken (komposiet). Dit is de belangrijkste geluidreducerende maatregel voor goederenwagons die door zal zetten. In 2006 is deze maatregel in Europa verplicht gesteld voor nieuwe goederenwagons. Deze uitfasering zal lang duren, vanwege de levensduur van 30 á 40 jaar. Ook worden door verschillende vervoerders de zogeheten LL-remblokken toegepast (Low Low friction). Deze remblokken zijn geschikt om de gietijzeren remblokken van bestaande goederenwagons te vervangen en zijn ongeveer even stil als wagons met K-remblokken. Dit type remblok is op brede schaal vrijgegeven voor gebruik op goederenwagons sinds 2013. Het zal echter nog lang duren voordat alle remblokken op goederenwagons zijn vervangen. Om een beeld te schetsen, wordt ook een zogeheten toekomstig scenario doorgerekend, waarbij goederenwagons zijn voorzien van K-remblokken of LL-remblokken.

Tabel 3.1

Overzicht resultaten RL - goederenvervoer en bijdrage LFG (verschil L_C-L_A).

		ZONDER SCHERM				2 m scherm	
Historisch goederenvervoer		A-gewogen	Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	Dag Totaal	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	70			2	7	4
02_A	punt 100m	65			2	7	4
03_A	punt 400m	54			3	6	6
04_A	punt 1000m	46			5	5	7
Huidig goederenvervoer		A-gewogen	Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	Dag Totaal	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	68	3	4	1	10	3
02_A	punt 100m	62	2	3	1	11	4
03_A	punt 400m	52	2	3	2	10	6
04_A	punt 1000m	43	3	3	5	10	8
Toekomstig goederenvervoer		A-gewogen	Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	Dag Totaal	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	64	6	6	2	14	5
02_A	punt 100m	58	6	6	2	15	6
03_A	punt 400m	48	7	6	4	14	8
04_A	punt 1000m	39	8	5	7	13	10

Op grond van de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van de ontwikkeling van het dB(A)- en LFG-geluid.

1. Het huidige goederenverkeer is door het totaal aan wijzigingen aan de bovenbouw en de toegenomen rijnsnelheid circa 2 á 3 dB(A) stiller dan circa 30 jaar geleden. (Bij dezelfde snelheid zou dat circa 4 dB(A) stiller zijn).



2. Het verschil $L_C - L_A$ is daarbij niet groter geworden, op korte afstanden zelfs 1 dB lager, ofwel: het geluid van railgoederenvervoer is niet laagfrequent van karakter geworden. Ook op grotere afstanden van het spoor heeft dit geluid geen laagfrequent karakter.
3. In de toekomst zal het geluid door goederentreinen nog circa 4 dB(A) verder dalen als wagons in toenemende mate van K- of LL-remblokken zijn voorzien. Daarbij wordt het karakter van het geluid enigszins laagfrequent van karakter.
4. Door het gebruik van schermen kunnen verdere afnames van het geluid worden behaald; er treedt dan wel een toename op van het aandeel van de lage frequenties. Echter, bij het huidige goederenvervoer, op 1 km afstand, met een 2 m hoog scherm is het verschil $L_C - L_A$ 8 dB, en daarmee niet laagfrequent.
5. De toename van het goederenverkeer zou leiden tot een toename van het geluid van circa 4 dB. De afname van het geluid van treinen door technische ontwikkelingen tot heden is circa 3 á 4 dB(A). Het aandeel laagfrequent geluid is circa 1 dB afgenomen. Dit leidt totaal gezien tot een afname van het laagfrequent geluid met 0 á 1 dB.

Opgemerkt wordt dat bovenstaande beschouwing zeer globaal is. Lokaal kunnen er andere effecten optreden. Effecten van verschuiving van activiteiten naar de nachtperiode zijn voor optredende hinder relevant, maar zijn hier niet beschouwd. Ook zijn bijvoorbeeld de effecten door geluidoverdracht (en trillingen) door de bodem niet beschouwd.

3.2.2 Reizigerstreinen

Om de ontwikkeling van geluid voor reizigerstreinen goed te beschrijven, is een overzicht nodig van de verschillende treinen (hoeveelheden in dienstregeling, etc.) in het verleden en in de huidige situatie. Bij gebrek aan deze informatie, wordt een indicatie verkregen op basis van enkele globale aannames. Voor de 'historische situatie' de volgende beschrijving genomen.

- 48 eenheden cat. 1 (gietijzeren blokremmen) (materiaal '64), 100 km/u.
- 48 eenheden cat. 2 (schijf- + blokgeremd reizigersmaterieel), 120 km/u.
- Voegenspoor (niet doorgelaste spoorstaven).

Voor de modelsituatie voor de 'huidige situatie' is het volgende aangenomen.

- 48 eenheden cat. 8 (schijfgeremd reizigersmaterieel), 100 km/u.
- 24 eenheden cat. 2 (schijf- + blokgeremd reizigersmaterieel), 120 km/u.
- 24 eenheden cat. 8 (schijfgeremd reizigersmaterieel), 120 km/u.
- Betonnen dwarsliggers (doorgelaste spoorstaven).

Verder is gekeken naar de invloed van 2 m hoge afscherming nabij het spoor (op 8 m van bronlijn). De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel, waarbij steeds de afname van het dB(A)-niveau is weergegeven en ook steeds het verschil $L_C - L_A$ als maat voor het laagfrequente karakter van het geluid.

**Tabel 3.2**

Overzicht resultaten RL - reizigersmateriaal en bijdrage LFG (verschil L_C-L_A).

			ZONDER SCHERM			2 m scherm	
Historisch reizigersvervoer		A-gewogen	Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	Dag Totaal	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	69			1	8	3
02_A	punt 100m	63			1	8	3
03_A	punt 400m	53			2	7	5
04_A	punt 1000m	44			4	5	6
Huidig reizigersvervoer		A-gewogen	Reductie	Reductie	L_C-L_A	Reductie	L_C-L_A
Naam	Omschrijving	Dag Totaal	dB(A)	dB(C)	dB	dB(A)	dB
01_A	punt 50m	63	6	6	2	14	4
02_A	punt 100m	58	6	5	2	15	5
03_A	punt 400m	47	6	4	4	14	8
04_A	punt 1000m	38	7	3	8	12	11

Bij de gekozen aannames, gelden de volgende conclusies ten aanzien van de ontwikkeling van het dB(A)- en LFG-geluid van reizigerstreinen:

1. Het huidige reizigersverkeer is door wijzigingen aan de bovenbouw en het materieel circa 6 dB(A) stiller dan circa 30 jaar geleden.
2. Het verschil L_C-L_A is daarbij op korte afstand circa 1 dB toegenomen, wat wijst op een geringe toename in het aandeel laagfrequent geluid. Op grotere afstand is de relatieve bijdrage van het laagfrequente aandeel groter.
3. Als het geluid van reizigerstreinen beperkt wordt door schermen, dan neemt het aandeel laagfrequent geluid daardoor toe met 2 á 3 dB.
4. De toename van het reizigersverkeer zou leiden tot een toename van het geluid van circa 1 dB. De afname van het geluid van treinen door de technische ontwikkelingen is circa 6 dB(A). Het aandeel laagfrequent geluid is circa 1 dB toegenomen. Dit leidt totaal gezien tot een afname van het laagfrequent geluid met 4 dB.



4 Industrielawaai (IL)

4.1 Algemene beschouwing LFG bij IL

Voor Industrielawaai is het - vanwege de zeer grote diversiteit van mogelijke bronnen - bijzonder lastig om in zijn algemeenheid iets te zeggen over de hoeveelheid laagfrequent geluid daarvan.

Een speciaal geval van Industrielawaai betreft windturbines. Deze worden regelmatig geassocieerd met LFG. In 2013 is door ons bureau, in opdracht van Agentschap NL, een literatuurstudie uitgevoerd naar hinderaspecten door windturbines [4-1]. Geconcludeerd werd dat in de geraadpleegde literatuur geen aanwijzingen zijn gevonden dat laagfrequent geluid ten aanzien van hinder en slaapverstoring een belangrijke rol speelt, en dat de A-gewogen geluidnormering volstaat. Daarom worden windturbines in deze studie niet behandeld.

Een aantal algemene principes die ten aanzien van LFG bij Industrielawaai een rol spelen worden besproken.

Geluidreducerende maatregelen zullen in het algemeen gericht zijn op het beperken van het totale geluiddrukkniveau in dB(A), omdat grenswaarden en voorschriften daarin zijn gesteld. Een aantal veel toegepaste maatregelen zijn veel effectiever bij midden- en hoge frequenties dan bij lage frequenties, zoals:

- geluiddempers (met name dempers op basis van absorptie, en dat is het merendeel);
- omkastingen (of geluidreductie door in pandig gaan werken);
- geluidschermen.

Dit zal ertoe hebben geleid dat het karakter van het geluid na getroffen maatregelen een laagfrequent karakter heeft gekregen. Daarnaast zijn er echter ook geluidreducerende maatregelen die niet specifiek meer LFG veroorzaken:

- Logistieke optimalisatie van processen.
- Wijzigen van installaties/machines waarbij minder aanstoting optreedt (geluidarm construeren / geluidarm installeren). Bij veel nieuwe stille installaties en machines is fundamenteel in het proces ingegrepen, wat leidt tot lagere geluidemissie en in het algemeen ook tot minder LFG.

Bovenstaande maakt het aannemelijk (maar niet bewezen) dat Industrielawaai in de loop der tijd een meer laagfrequent karakter heeft gekregen.

Daarnaast is het volgende van belang. Als bij een bedrijf ergens - door een nieuwe installatie of aanpassing van een installatie - plotseling belangrijk meer LFG is gaan optreden, dan leidt dat vaak tot klachten. In dergelijke situaties komt er dan onderzoek naar de oorzaak, wat veelal leidt tot het aanpassen van de bron of andere maatregelen, waardoor het LFG wordt verminderd of weggenomen.

4.2 Casuïstiek

In het kader dit onderzoek is het niet de bedoeling om uitgebreid onderzoek te doen naar cases. Eén casus, het LFG-aspect rondom IL-IJmond, wordt hier kort besproken omdat de gegevens daarvan eenvoudig vindbaar waren binnen ons bureau.



Het vinden van bruikbare historische gegevens blijkt in het algemeen overigens bijzonder lastig: vaak zijn de dB(A)-resultaten van metingen in het verleden nog wel beschikbaar, de onderliggende octaafbandspectra zijn vaak niet meer voor handen en met het vernietigen van papieren dossiers zelfs verdwenen.

Rond industrieterrein IJmond is gedurende de zonering/sanering in jaren '80 uitgebreid in de omgeving het geluid gemeten, inclusief de 63 Hz octaafband. Ook tegenwoordig wordt nog regelmatig geluid in de omgeving van dit industrieterrein gemeten. De historische en recente gegevens worden in de volgende tabel gepresenteerd, als relatieve octaafbandspectra.

Tabel 4.1

Vergelijking relatieve octaafbandspectra geluid rond industrieterrein IJmond in verleden / heden

Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
nov 2015-2016; Beverwijk	-22	-9	-5	-6	-7	-11	-16	-20
Beverwijk 1984	-17	-10	-4	-5	-8	-17	-27	-44
verschil: minder laagfrequent karakter	5							
nov 2015-2016; Wijk aan Zee	-13	-9	-6	-5	-7	-13	-18	-23
Wijk aan Zee 1984	-18	-12	-5	-4	-7	-13	-18	-38
verschil: laagfrequenter karakter	-5							
nov 2015-2016; IJmuiden, IP14	-17	-12	-6	-4	-6	-12	-24	-35
IJmuiden 1984 tgv Hoogovens	-16	-11	-5	-5	-7	-12	-24	-36
verschil: ongeveer hetzelfde laagfrequente karakter	1							

Uit bovenstaande tabel blijkt dat in noordwestelijke richting (Wijk aan Zee) het aandeel van de 63 Hz band circa 5 dB is toegenomen, in noordoostelijke richting (Beverwijk) het aandeel van de 63 Hz band circa 5 dB is afgenomen en in zuidelijke richting (IJmuiden) het aandeel van de 63 Hz band met circa 1 dB is afgenomen, wat een klein verschil is. Voor dit voorbeeld geldt dus dat, totaal gezien, de LFG-emissie ongeveer hetzelfde is gebleven, met behoorlijke verschillen in de verschillende windrichtingen. Maar het blijft natuurlijk slechts één situatie. Hier kunnen moeilijk algemene conclusies aan worden verbonden.

Verder zijn er in onze dossiers geen goed gedocumenteerde gegevens van historische geluid-metingen in octaafbanden rond gezoneerde industrie gevonden. Er zijn wellicht meer cases te vinden bij andere adviesbureaus, omgevingsdiensten etc. Als dat zinvol geacht wordt, kan daar nader onderzoek naar worden uitgevoerd.

Bij ons bureau is een aantal cases bekend van het optreden van LFG door een enkele installatie van een nabijgelegen bedrijf. Vaak speelt daarbij contactgeluidoverdracht naar een aanpandige woning een rol. Ook dergelijke situaties vallen onder industrielawaai. Technisch vergelijkbare situaties kunnen overigens ook geplaatst zijn bij kantoorgebouwen of particulieren. Het aantal installatiebronnen in of nabij woningen is de laatste jaren wel flink toegenomen en deze trend zal waarschijnlijk doorzetten om zuiniger met energie om te gaan. Dit kan leiden tot meer situaties met LFG.



4.3 Conclusies

Geconcludeerd wordt dat er goede redenen zijn om aan te nemen dat industrielawaai in de loop der jaren laagfrequenter is geworden, aangezien veel geluidreducerende maatregelen lage frequenties minder reduceren dan de hogere frequenties. De mate waarin dit daadwerkelijk heeft geleid tot meer LFG, is binnen dit onderzoek niet te kwantificeren. In een enkele casus van een groot industrieterrein bleek gemiddeld rondom geen toename van LFG te zijn opgetreden, maar aan deze enkele casus kunnen geen algemene conclusies worden verbonden.

5 Luchtvaartlawaaï (LL)

5.1 Historische ontwikkelingen LL op hoofdlijnen

Luchtvaart is in Nederland een belangrijke bron van geluidshinder. Hiervoor zijn in hoofdzaak de grote vliegvelden van belang.

- Schiphol
- Zestienhoven (Rotterdam The Hague Airport)
- Eindhoven
- Maastricht
- Groningen (Airport Eelde)

En daarnaast een aantal kleinere, onder andere:

- Lelystad
- De Kooy (Den Helder)
- Etc.

Ook militaire vliegvelden (Deelen, Gilze-Rijen, Leeuwarden, Volkel, De Peel (Venray) en Woensdrecht) zijn voor geluid van belang, waarbij opgemerkt wordt dat recent vliegvelden Soesterberg en Twente zijn gesloten. Daarnaast zijn er in toenemende mate helikopter-landingsplaatsen, vaak gekoppeld aan ziekenhuizen of bedrijven, ultralight terreinen en zweefvliegvelden. In figuur 5.1 worden alle vliegvelden van Nederland getoond.

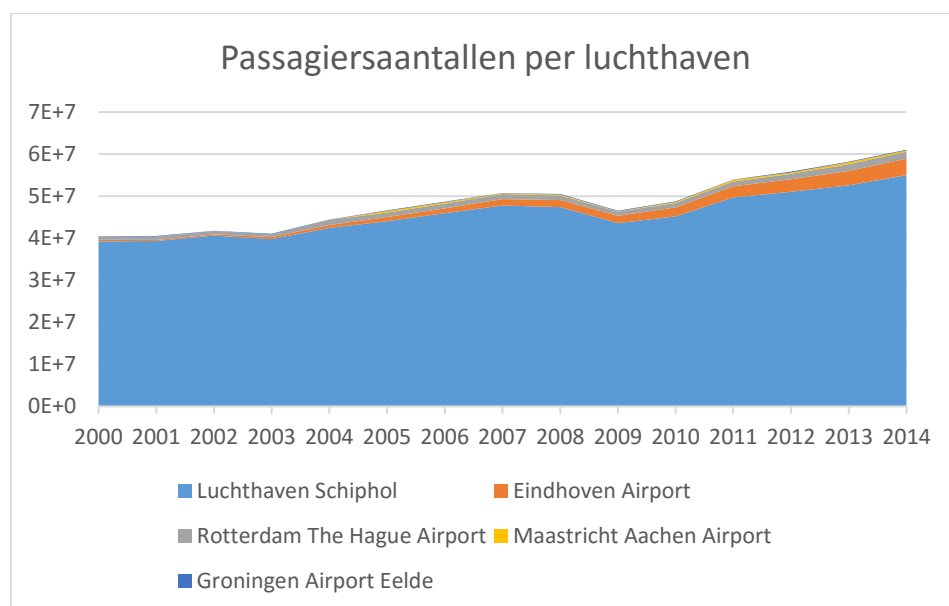


Figuur 5.1

Alle luchthavens in Nederland (situatie 2009 - bron: [5-1])



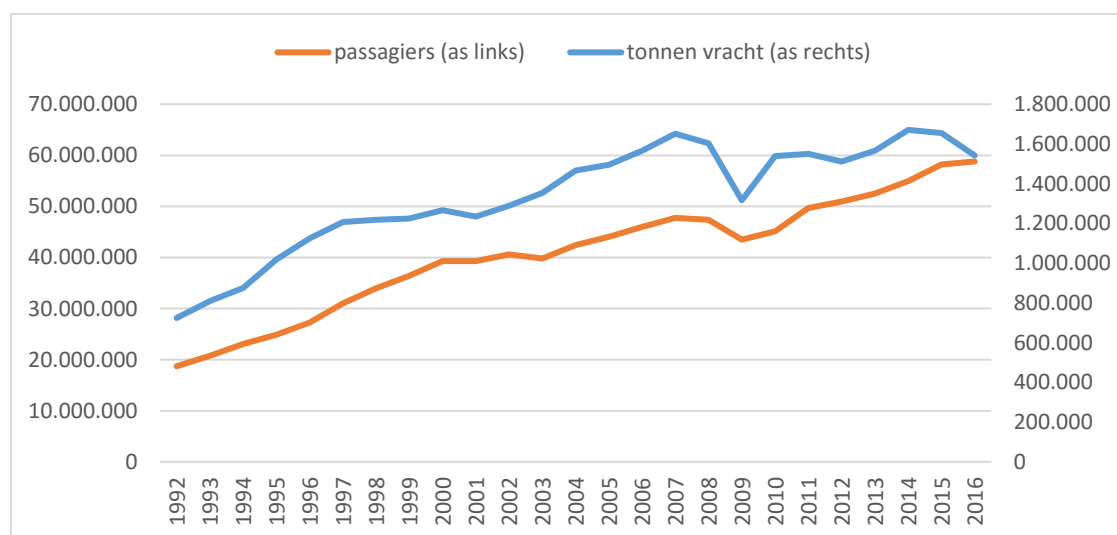
De omvang van de luchtvaart voor passagiers in Nederland, en de verdeling over de verschillende luchthavens in de afgelopen 15 jaar, wordt getoond in de volgende figuur.



Figuur 5.2

Ontwikkeling van aantallen luchtpassagiers en verdeling over Nederlandse luchthavens [5-2]

Uit bovenstaande blijkt dat Schiphol, met een aandeel van 90% in 2014, sterk bepalend is voor het totale aantal luchtpassagiers. In totaal is het luchtpassagiers in 15 jaar tijd met circa 50% toegenomen. Op basis van informatie van de website van Schiphol blijkt wat de groei van luchtvracht en passagiers is over de periode 1992 - 2016.

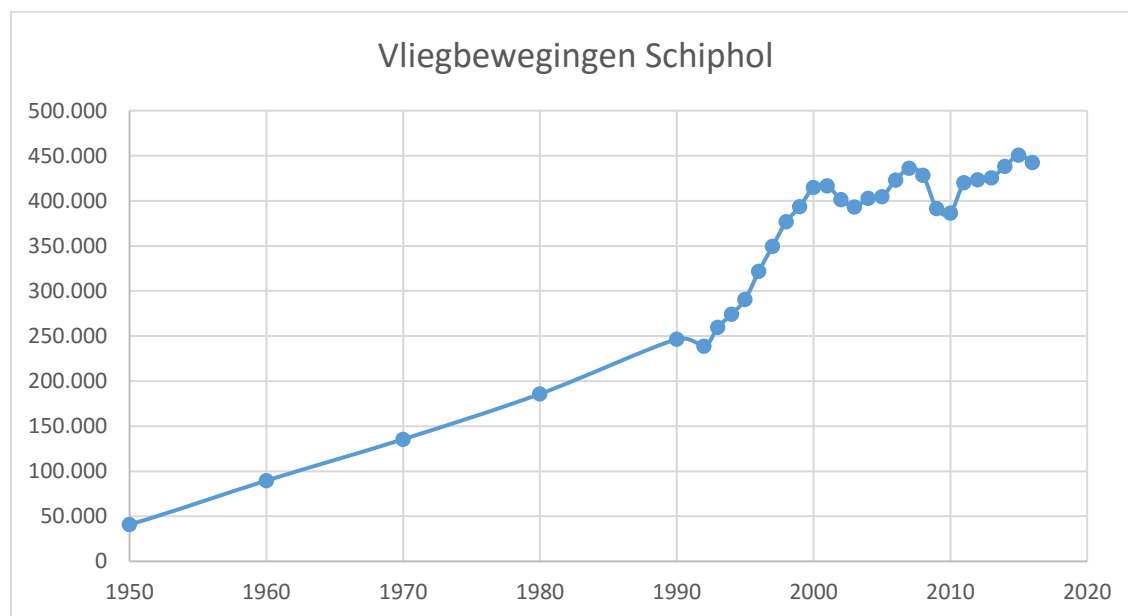


Figuur 5.3

Groei Schiphol van passagiers en luchtvracht sinds 1992 (bron [5-3]: Schiphol.nl)



Bij de geluidemissie gaat het niet direct om de aantallen passagiers of tonnen vracht, maar vooral om het aantal vluchten. Daarbij moet ook bedacht worden dat circa 40% van de vracht meegaat met passagiersvluchten, en dat passagiersvluchten een wisselende bezettingsgraad hebben. Het totale aantal vliegbewegingen van Schiphol wordt weergegeven in figuur 5.4:



Figuur 5.4

Groei aantal vliegbewegingen van Schiphol sinds 1950 (bron: [5-2] + [5-3])

Het aantal vliegbewegingen in 2015 is circa twee keer zoveel als in 1985, in decibellen: 3 dB. Bij dit getal is geen rekening gehouden met de afmetingen/gewichten die in 2015 voor een deel van de vloot groter zijn dan in 1985. Verder is ook de ontwikkeling van de geluidproductie per toestel relevant.

In deze studie wordt ingegaan op de ontwikkelingen in de geluidproductie van grote burgerluchtvaarttoestellen, zoals die op de grotere luchthavens worden gebruikt. Voor militaire luchtvaart (F-16's en helikopters) is het niet gelukt om spectrale gegevens te vinden.

Opgemerkt wordt dat luchtvaartlawaai een lastige materie is, zowel technisch als met betrekking tot de beoordeling. Er worden veel afwijkende geluidmaten toegepast die niet zomaar te vertalen zijn naar de bekende maten zoals L_{den} en L_{night} in dB(A). Ook de dosis-effect relaties zijn afwijkend als voor andere geluidsoorten, onder andere omdat het gaat om passages met individueel hoge niveaus, die bovendien bij mensen bepaalde (negatieve) associaties kunnen veroorzaken. In deze notitie is uitgegaan van de SEL-waarden voor het geluid, uitgedrukt in dB (lineair).

Opmerking: bij luchtvaartlawaai, specifiek bij de certificering, wordt gebruik gemaakt van de EPNL, die uitgedrukt wordt in EPNdB. EPNL staat voor: Effective Perceived Noise Level. Dit is een maat die is gebaseerd op hinderbeleving. Daarvoor worden de tertsbandwaarden gebruikt van 50 Hz t/m 10 kHz. Deze wordt berekend uit gemeten (of berekende) geluidspectra volgens Annex 16 van de 'Procedures for the Noise Certification of Aircraft' door de International Civil Aviation Organization (ICAO), Committee on Aviation Environmental Protection. (bron: [5-4] website NoisedB)

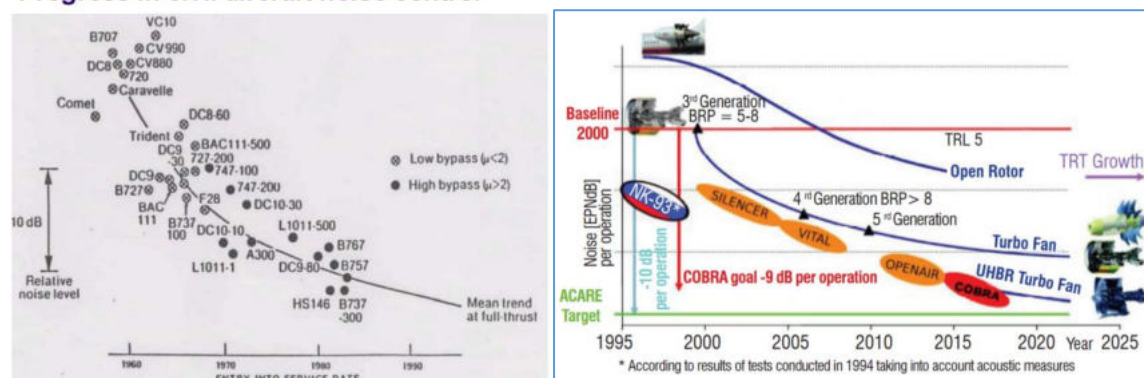
De EPNL wordt berekend uit de SPL waarden (per 1/2^e seconde) op gedefinieerde punten van een passage bij opstijgen, landen of 'fly-over'. De EPNL-waarden worden berekend door toepassing van een frequentie-gewogen correctie (ongeveer de D-weging voor vliegtuiglawaai). Er vindt een correctie plaats voor het optreden van zuivere tonen (het eventueel optredende 'gierende' geluid van vliegtuigen) en een correctie voor de duur van de geluidspassage, waarbij wordt genormeerd op 10 seconde (een soort SEL-waarde).

Toelichting: SEL = Sound Exposure Level = maat voor de totale geluidhoeveelheid van een enkele gebeurtenis, bijvoorbeeld een vliegtuigpassage bij landing of vertrek, alsof deze bijvoorbeeld in 1 of in 10 seconde plaatsvindt.

5.2 Trends in geluidproductie toestellen voor grote burgerluchtvaart

Op grond van diverse bronnen kan worden geconcludeerd dat de geluidproductie van vliegtuigen voor burgerluchtvaart (en goederentransport) in de afgelopen decennia fors is gedaald. Dit komt door een aantal technische ontwikkelingen, waarbij de overgang van propellertoestellen, turbo-propellertoestellen, naar turbomotoren van belang is. Bij turbomotoren leidt de alsmaar groter wordende bypass-ratio's van de motoren tot stillere motoren (Bypass: de hoeveelheid lucht die niet door het verbrandingsdeel van de motor gaat, maar via het omloop- oftewel bypass-kanaal). De ontwikkeling wordt in de volgende twee figuren grafisch weergegeven.

Progress in civil aircraft noise control



(links: uit syllabus opleiding Milieu-Geluid, onderdeel luchtvaartlawaai)

(rechts: http://www.aerospacelab-journal.org/sites/www.aerospacelab-journal.org/files/AL07-01_0.pdf)

Figuur 5.5

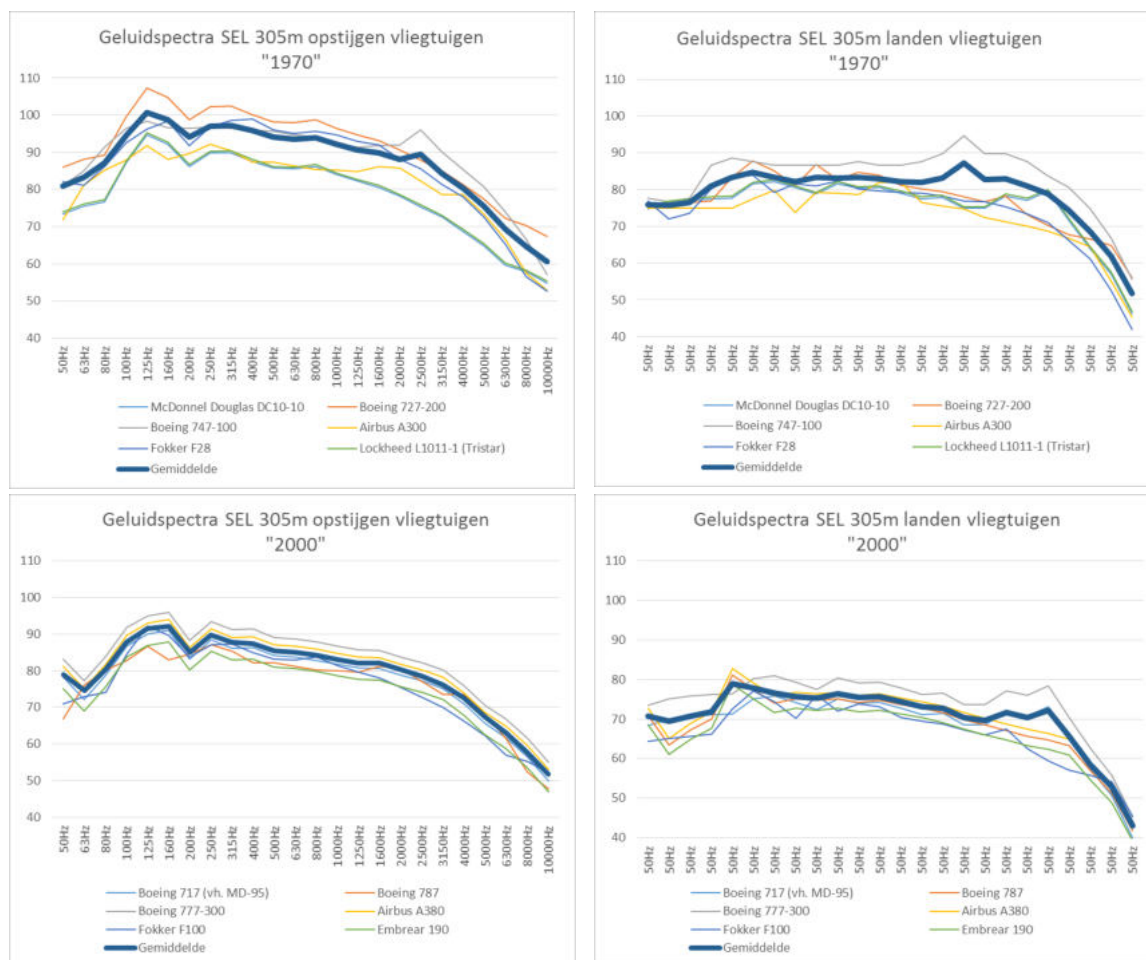
Trends in ontwikkeling vliegtuiglawaai in verleden met verwachting naar de toekomst

Bovenstaande figuren geven aan dat er een gestage ontwikkeling is in het stiller maken van vliegtuigen. Bovenstaande lijnen geven geen informatie over eventuele wijzigingen in het geluid-spectrum. In de grafieken worden de geluidsniveaus weergegeven van toestellen zoals die in een bepaald jaar gelden voor nieuwe toestellen. Vanwege de levensduur van vliegtuigen ijlt de praktijk daar op na vanwege de levensduur van vliegtuigen.

In een openbare database is veel informatie gevonden over vliegtuiggeluid, inclusief informatie over geluidspectra van vertrekkende en landende vliegtuigen: www.aircraftnoisemodel.org [5-5]. Op deze website staan diverse geluidswaarden (EPNL, L_{Amax} , PNLTm, SEL) van een groot aantal vliegtuigen weergegeven, van zowel opstijgen als landen, op diverse afstanden en bij verschillende vermogens. Voor de vergelijking van de ontwikkeling van de geluidemissie van vliegtuigen is daarbij gekeken naar het SEL van de vliegtuigen op 305 m (1000 ft), steeds bij het grootste opgegeven vermogen van het toestel. Deze data worden gebruikt als invoergegevens voor berekeningen van vliegtuiglawaai. De geluidspectra zijn gegeven als een 16-tal spectrale klassen voor opstijgen (Departure) en 21 spectrale klassen voor landen (Approach).



Om een beeld te verkrijgen van de ontwikkelingen in het geluidsspectrum van vliegtuigen, is arbitrair een keuze gemaakt van een zevental veelgebruikte types vliegtuigstellen die gemiddeld in 1970 hun eerste vlucht hebben gemaakt, en waarvan zelfs tegenwoordig een deel nog steeds in gebruik is. Voor de recente vliegtuigtoestellen is eveneens een keuze gemaakt van een zevental vliegtuigstellen die gemiddeld in 2000 hun eerste vlucht hebben gemaakt. De aldus verkregen geluidsspectra staan in de volgende figuren weergegeven.



Figuur 5.6

Geluidsspectra bij opstijgen en landen van vliegtuigen van '1970' en van '2000'



Een overzicht van de toestellen en de geluidniveaus wordt in de volgende twee tabellen weergegeven, waarin ook het verschil L_C-L_A is weergegeven als maat voor de laagfrequente inhoud van het geluid. De MTOW (Maximum Take Off Weight) is opgenomen als maat voor het gewicht (inclusief lading en brandstof) van de toestellen.

Tabel 5.1

Bepaling gemiddelde geluidniveaus vliegtuigen '1970'

Situatie "1970"		MTOW	Landen, 305 m		Opstijgen, 305 m	
			SEL	L_C-L_A	SEL	L_C-L_A
Toestel	jaar 1e vlucht	k-lb	dB	dB	dB	dB
McDonnell Douglas DC10-10	1971	455	92,0	3,0	100,0	6,5
Boeing 727-200	1968	218	95,0	4,4	112,5	6,5
Boeing 747-100	1969	733	101,0	0,8	107,5	3,7
Airbus A300	1973	379	90,2	3,0	100,2	4,5
Fokker F28	1967	73	92,5	4,1	107,3	4,0
Lockheed L1011-1 (Tristar)	1971	430	92,5	3,0	100,5	6,5
gemiddelde "1970":	1970	381	95,6	1,8	107,3	5,3

Tabel 5.2

Bepaling gemiddelde geluidniveaus '2000' en verschil met '1970'

Situatie "2000"		MTOW	Landen, 305 m		Opstijgen, 305 m	
			SEL	L_C-L_A	SEL	L_C-L_A
Toestel	jaar 1e vlucht	k-lb	dB	dB	dB	dB
Boeing 717 (vh. MD-95)	1998	121	85,6	3,0	97,7	5,8
Boeing 787	2007	503	86,8	4,9	95,1	4,5
Boeing 777-300	1996	660	90,8	3,0	102,7	5,8
Airbus A380	2006	1254	88,5	4,9	100,7	5,8
Fokker F100	1986	98	84,3	4,4	97,4	6,5
Embrear 190	2004	115	84,4	4,9	94,6	5,8
gemiddelde:	2000	459	87,4	3,9	99,0	5,8
Verskil			-8,2	2,0	-8,2	0,5

Uit bovenstaande blijkt dat het gemiddelde geluidniveau van de vliegtuigen met 8 dB is gedaald, zowel bij landen als bij opstijgen. Het verschil L_C-L_A is bij landen met 2 dB toegenomen en bij opstijgen met 0,5 dB toegenomen. Aangezien het opstijgen sterk dominant is, betekent dit een toename van het L_C-L_A van minder dan 1 dB, wat er op wijst dat het geluidemissie niet relevant laagfrequenter van karakter is geworden.



5.3 Bespreking en conclusies

Op grond van de vergelijking van toestellen van circa 30 jaar geleden met huidige toestellen voor de burgerluchtvaart blijkt dat deze circa 8 dB stiller zijn geworden. Het aandeel laagfrequent is daarin niet relevant toegenomen. De toename van het luchtverkeer op basis van het aantal vliegbewegingen (van Schiphol) is circa 3 dB. Totaal zou dit betekenen dat het geluid, ook laagfrequent, met circa 5 dB(A) is afgenomen ten opzichte van circa 30 jaar geleden.

Opmerking: dit wil niets zeggen over aantallen gehinderden door luchtvaartlawaai, aangezien daarbij bijvoorbeeld ook de tijdstippen van de vluchten een rol spelen, specifieke lokale effecten zoals de daal- en stijgpaden, etc., evenals het aantal bewoners in de nabijheid van luchthavens, wat in het geval van Schiphol een grote toename heeft gehad.

Opmerking: het geluid van helikopters, militaire luchtvaart en kleine luchtvaart is niet beschouwd omdat daar geen gegevens van zijn gevonden.

LBP|SIGHT BV

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Th. Campmans', with a stylized flourish at the end.

ir. Th.B.J. (Theo) Campmans



Bijlage I Geraadpleegde bronnen

Hoofdstuk 1

- [1-1] RIVM Rapport 2016-0014 'Meldingen over een bromtoon, Voorlopige GGD-richtlijn Medische Milieukunde
- [1-2] 'Spürbar, wahrnehmbar, hörbar', Die DIN 45680 vor neue Herausforderungen, B.Vogelsang, Lärmbekämpfung Bd. 11 - 2016
- [1-3] Gevelreflectie: gebruik de juiste meetafstand! Th.B.J. Campmans, Geluid december 2014.
- [1-4] rapport Peutz R 548-12; 19 maart 1990; Laagfrequent geluid; Overdrachtsmetingen
- [1-5] NEN 5077:2006 + C3:2012
Geluidwering in gebouwen – bepalingsmethoden voor de grootheden voor luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie, geluidwering van scheidingsconstructies en geluidniveaus veroorzaakt door installaties.
(Uitgave 2006 + correctieblad C3, 2012)

Hoofdstuk 2

- [2-1] RIVM Briefrapport 680300008/2009, Geluidgroei langs rijkswegen 1986-2010, Omvang en maatregelen, E. Verheijen | J. Jabben.
- [2-2] website CBS
- [2-3] R.van Loon, B.Peeters, Stille wegdekken: Valt er genoeg te kiezen. Presentatie op CROW Infradagen 2014.
- [2-4] CROW Publicatie 316 "De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer 2012"
- [2-5] Milieufactetten van binnenstedelijk wegverkeer: de motor uit en rustig doorrijden; H. van Leeuwen (via website www.verkeerskunde.nl)
- [2-6] Actieplan geluid 2015-2018; Aanpak stedelijk wegverkeer in het kader van de EU richtlijn omgevingslawaa; Gemeente Amsterdam; Definitief, vastgesteld 29 maart 2016
- [2-7] Actieplan geluid 2013-2018; Gemeente Rotterdam / DCMR; Ontwerp, 9 juli 2013

Hoofdstuk 3

- [3-1] nl.wikipedia.org/wiki/Voegloos_spoor (geraadpleegd 2-2-2017)
- [3-2] www.spoorpro.nl
- [3-3] Kennisinstituut Mobiliteit; marktontwikkelingen in het goederenvervoer per spoor 1995 - 2020 (publicatie: 2007)

Hoofdstuk 4

- [4-1] Literatuuronderzoek laagfrequent geluid windturbines; september 2013, H. Geleijns en M. Dijkstra, LBPSIGHT in opdracht van AgentschapNL

Hoofdstuk 5

- [5-1] [www.rijksoverheid.nl, kaart van 2009](http://www.rijksoverheid.nl/kaart-van-2009)
- [5-2] Wikipedia.nl: Lijst van vliegvelden in Nederland, geraadpleegd januari 2017
- [5-3] www.schiphol.nl
- [5-4] <http://noisedb.stac.aviation-civile.gouv.fr/>
- [5-5] www.aircraftnoisemodel.org



Theo Campmans · 3de

Multiphysics Engineer at DEMCON multiphysics

-  DEMCON multiphysics
-  University of Twente

Randstad · [Contactgegevens](#)

500+ connecties

 Bericht

+ Volgen

Meer

Info

Industrial noise and vibration control.

Noise control in building installations.

Product development.

Noise control at power stations.

...meer weergeven

Uitgelicht

Link



Adviseur bij LBP|SIGHT
lbpsight.nl

Activiteit

745 volgers

+ Volgen



Recente bijdragen en commentaren van Theo Campmans weergegeven

Alle activiteit weergeven →

Ervaring



Multiphysics Engineer

DEMCON multiphysics · Fulltime

mei 2021 - heden · 1 jr 4 mnd

Enschede, Overijssel, Netherlands

Noise Control is an interesting part of Multiphysics. A noise issue of a machine or installation is often a sign of unnecessary ...meer weergeven

[Stichting Kennisoverdracht Bouwfysica](#)

21 jaar 8 maanden

Teacher Fundamentals of Acoustics

sep. 2002 - heden · 20 jr
Utrecht Area, Netherlands

Introduction to basics in 1 year course Environmental Acoustics



Opleiding Milieugeluid

De post-hbo-opleiding Milieugeluid behandelt de fundamenteën van de akoestiek. Aspecten die te mak...

Course Manager

2001 - jul. 2011 · 10 jr 7 mnd

Cursusleider van opleidingen Milieu-Geluid en Bouwakoestiek;
Course manager of post-graduate educations of envi ...meer weergeven

Teacher Vibration

sep. 2002 - mei 2005 · 2 jr 9 mnd
Utrecht Area, Netherlands

Part of general course on acoustics and vibrations. Below a link to the syllabus (in Dutch)



OneDrive

Syllabus Cursus Trillingen



Consultant in Industrial and Installation Noise and Vibration Control

LBP|SIGHT
mrt. 2000 - mei 2021 · 21 jr 3 mnd

Industrial Noise Control;
Vibratio ...meer weergeven

Free Lance Consultant

WBF
dec. 1999 - feb. 2000 · 3 mnd

Noise and vibration control

Dynamic Engineering / Cauberg Huygen

Huygen, Zwolle
sep. 1999 - nov. 1999 · 3 mnd
Zwolle Area, Netherlands

Noise and Vibration Control

Alle 10 ervaringen weergeven →

Opleiding



University of Twente

M.Sc., Mechanical Engineering

1980 - 1986

Activiteiten en verenigingen: member of Isaac Newton (Mechanical Engineering); Paradoks (Biomedical Engineering); Conscientia

Almere College

VWO diplom, Beta profile

1978 - 1980

Vaardigheden

Noise Control



Onderschreven door 6 collega's bij LBP|SIGHT



27 onderschrijvingen

Acoustics



Onderschreven door Mads J. Herring Jensen, die hier erg goed in is



Onderschreven door 6 collega's bij LBP|SIGHT



27 onderschrijvingen

Vibration Control



Onderschreven door 4 collega's bij LBP|SIGHT



22 onderschrijvingen

Alle 16 vaardigheden weergeven →

Aanbevelingen

Ontvangen

Gegeven

Momenteel is hier niets te zien

Aanbevelingen die Theo ontvangen, verschijnen hier.

Publicaties

Special noise reduction of transformer ventilation outlet

EURONOISE Paper and Presentation · 1 mei 2018

Publicaties weergeven ↗

In Noordwijk, a Dutch village near the coast, former industrial terrains are transformed into residential areas. Houses will be built as close as 14 m to an

Gevelreflectie: gebruik de juiste meetafstand!

Geluid · 1 dec. 2014

Publicaties weergeven ↗

De invloed van de afstand van de microfoon tot de geel op de meetwaarde. De interferentie van het invallende geluid met het gereflecteerde geluid heeft

Acoustic and Flow Analysis to Reduce Boiler Hum

Comsol Conference Paper - Cambridge · 18 sep. 2014

Publicaties weergeven ↗

Alle 11 publicaties weergeven →

Patenten

Voertuig met waarschuwingsinrichting

NL NL 2001423 · Afgegeven op 1 apr. 2008

Patent weergeven

The invention comprises a method to create an acoustic warning system with a desired radiation pattern for vehicles turning off. In this way the sound will be

Andere bedenkers

Veiligheidstoestel en werkwijze voor het afgeven van een gericht akoestisch alarmsignaal'

NL NL 1029681 · Afgegeven op 4 aug. 2005

Patent weergeven

A method to create strong directive tonal sound, especially useful for warning devices.

Projecten

consultant at Tata Steel

sep. 2002 - heden



Gelieerd aan LBP|SIGHT

An exciting job, helping to control the noise of such heavy processes

Noise control at power plants

jan. 1990 - heden

Gelieerd aan Stork Ketels, Hengelo

Projecten weergeven ↗

General responsibility for noise control at Turn Key building of new cogeneration plants; several design optimisations; noise measurements and trouble shooting

Talen

English

German

Interesses

Bedrijven

Groepen

Onderwijsinstellingen



DEMCON multiphysics

532 volgers

+ Volgen



COMSOL, Inc.

36.295 volgers

+ Volgen

Alle 6 bedrijven weergeven →

Advertentie ...

Robbert, reactivate your Premium free trial today!



See who's viewed your profile in the last 90 days

Reactivate Trial

Ook bekeken



Sender Behlplatz - 2de



Sander Pampatz • 3de

Geluidadviseur bij dBvision

 Bericht

Baukje Debets • Buiten uw netwerk

PHD Student bij KU Leuven

 Connectie maken



Koen van der Laan • 3de

Specialist Kust & Zee bij WaterProof Marine Consultancy & Services B.V.

+ Volgen



Aswin Konings • 3de

Area Manager at Nalco

 Connectie maken



Reinier Balkema • 3de

Senior environmental noise specialist at City of Utrecht

 Bericht

Meer weergeven ▾

Personen die u misschien kent



Jeanine Hofsteenge

Journalist in Drenthe

Connectie maken



Wolter Klok

Presentator, voice-over en bureauredacteur 'Hart van Nederland' bij Talpa Network

Connectie maken

Bianca Terlouw-Egberts

Adviseur P&O bij RTV Drenthe

Connectie maken



...



Iris Vermeeren

Senior adviseur bij ANNE | Adviseurs voor Noord- en Oost-Nederland

Connectie maken



Inge Schreur

Communicatiemedewerker RTV Drenthe

Connectie maken

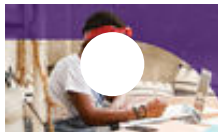
Meer weergeven ▼

 LEARNING

Voeg nieuwe vaardigheden toe met behulp van deze cursussen, gratis voor 24 uur



Occupational Safety and Health: Slips, Trips, and Falls



43 Ideas for Starting a Side Business



Reduce Stress and Anxiety by Managing Your Nervous System

Mijn aanbevelingen weergeven

Gepromoot



Leads voor advocaten

Sluit u aan bij Omnius en ontvang direct interessante zaken!



Smart Parking Software

Los parkeerproblemen op en zorg voor tevreden medewerkers met Toogethr.



NFC toepas.in je bedrijf?

Bekijk hier wat er mogelijk is. Meer dan 120 tag-uitvoeringen!





Berichten

⋮

✉

▼

 Berichten zoeken

≡



Sander Wink

26 jul.

Sander: Leuk om te horen, ook een andere tak van sport



Diane van het LinkedIn Pr...

15 jul.

LinkedIn-aanbieding • Bedankt dat u een actief lid bent