

rivm

Rapport 630180001/2008

E.E.M.M. van Kempen | D.J.M. Houthuijs

Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer

RIVM Rapport 630180001/2008

Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer

E.E.M.M. van Kempen
D.J.M. Houthuijs

Contact:
D.J.M. Houthuijs
Centrum voor Milieu-Gezondheid Onderzoek
danny.houthuijs@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Milieu- en Natuur Planbureau, in het kader van Ernstige gezondheidseffecten geluid (M/630180/01/AA).

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Abstract

The burden on health and well-being of road and rail traffic noise exposure in the Netherlands

It is estimated that in The Netherlands 21 to 150 myocardial infarction cases per year are attributable to long term exposure to road traffic noise. The most likely number is 84 cases per year. This about 0.30% of all acute myocardial infarctions per year. This percentage is substantially lower than was estimated for Europe (3%), amongst others due to the more favourable exposure distribution in The Netherlands.

Starting point for the calculation of the burden of disease was that an exposure to noise of more than 60 decibels during day and evening increases the risk on an acute myocardial infarction. The number of severely annoyed adults due to road traffic noise exposure is between 480,000 and 830,000 with 640,000 as most likely number. The number of adults with self-reported sleep disturbance is between 180,000 and 450,000 persons with as most likely number 290,000 persons.

These are the main results from a study into the burden on health and well-being of road and rail traffic noise exposure in The Netherlands. The study was carried out on request of the Netherlands Environmental Assessment Agency. To assess the number of myocardial infarction cases we carried out a meta-analysis. The noise level from which people are assumed to be at risk is an important source of uncertainty in the calculations. To assess the number severely annoyed and sleep disturbed we used exposure-response relations from the literature.

Key words

Heart disease, road traffic noise, rail traffic noise, annoyance, sleep disturbance, exposure-response relation

Rapport in het kort

Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer

Naar schatting krijgen in Nederland 21 tot 150 mensen per jaar een acuut hartinfarct doordat zij langdurig aan geluid van wegverkeer zijn blootgesteld. De meest waarschijnlijke omvang is 84 gevallen per jaar. Dit aantal is circa 0,3 procent van het aantal acute hartinfarcten dat jaarlijks in Nederland optreedt. Het percentage is aanmerkelijk lager dan voor Europa is geschat (3 procent), mede doordat in Nederland minder mensen aan hoge geluidsniveaus zijn blootgesteld.

Uitgangspunt van dit onderzoek is dat een blootstelling aan geluid van gemiddeld meer dan 60 decibel gedurende de dag en avond het risico op een acuut hartinfarct verhoogt. Het aantal ernstig gehinderden door wegverkeer bedraagt 480.000 tot 830.000 personen, met als meest waarschijnlijke omvang 640.000. Het aantal ernstig slaapverstoorden is 180.000 tot 450.000, met 290.000 als meest waarschijnlijke aantal.

Dit blijkt uit een studie naar de invloed van geluid van weg- en railverkeer op de omvang van de gezondheidseffecten en op welbevinden van de Nederlandse bevolking. Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek van het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). Voor deze studie is een nieuwe meta-analyse uitgevoerd om het aantal acute hartinfarcten te kunnen berekenen. De belangrijkste onzekerheid hierin is vanaf welk geluidsniveau het risico hierop verhoogd is. Voor hinder en slaapverstoring is gebruik gemaakt van in de literatuur beschreven relaties.

Trefwoorden:

Hart- en vaatziekten, geluid van wegverkeer, geluid van railverkeer, hinder, slaapverstoring, blootstelling-responsrelatie

Inhoud

1	Inleiding	7
2	Blootstelling-responsrelaties voor geluid van weg- en railverkeer en hart- en vaatziekten	9
2.1	De relatie tussen geluid van weg- en railverkeer en hart-en vaatziekten	9
2.2	De relatie tussen geluid van wegverkeer en hypertensie	10
2.3	De relatie tussen geluid van wegverkeer en angina pectoris	11
2.4	De relatie tussen geluid van wegverkeer en myocardinfarct	12
2.5	De relatie tussen geluid van railverkeer en hart- en vaatziekten	15
2.6	De bevindingen uit de meta-analyse besproken	15
2.6.1	Causaliteit	15
2.6.2	De effecten van nachtelijke blootstelling	16
2.6.3	Selectie van de blootstelling-responsrelatie en het berekenen van de ziektelast	16
3	Selectie van andere gezondheidseindpunten en blootstelling-responsrelaties	19
3.1	Ernstige hinder	19
3.2	Slaapverstoring	20
3.3	Slapeloosheid	21
3.4	Cognitie	22
4	De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking	23
4.1	Blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer in Nederland	23
4.1.1	Blootstelling aan geluid van wegverkeer	23
4.1.2	Blootstelling aan geluid van railverkeer	25
4.2	Omvang van de effecten van wegverkeer (alle wegen)	26
4.3	Omvang van de effecten van wegverkeer op rijkswegen	28
4.4	Omvang van de effecten van railverkeer	29
4.5	Gevoeligheidsanalyse	30
4.5.1	Blootstellingsverdeling van geluid	30
4.5.2	Geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie wordt toegepast	32
4.5.3	Toepassing van resultaten uit verschillende meta-analyses	33
5	Samenvatting en discussie	35
5.1	Myocardinfarct	35
5.1.1	Omvang effecten	35
5.1.2	Vergelijking met eerdere schattingen van de omvang van myocardinfarcten door geluid in Europa en Nederland	35
5.1.3	Onzekerheden	37
5.1.4	Conclusie	38
5.2	Ernstige hinder	39
5.2.1	Omvang effecten	39
5.2.2	Vergelijking ernstige hinder met cijfers in Nederland	39
5.3	Ernstige slaapverstoring	40
5.3.1	Omvang effecten	40
5.3.2	Vergelijking ernstige slaapverstoring met cijfers in Nederland	40

6	Conclusies	43
	Referenties	45
	Verklarende woordenlijst	49
	Bijlage	51

1 Inleiding

De Wet Geluidhinder (Wgh) vormt sinds het einde van de jaren zeventig het juridische kader voor het Nederlandse geluidsbeleid. Ze bevat een uitgebreid stelsel van bepalingen ter voorkoming en bestrijding van geluidhinder door ondermeer industrie, wegverkeer en spoorwegverkeer. De wet richt zich vooral op de bescherming van de burger in zijn of haar woonomgeving en bevat bijvoorbeeld normen voor de maximale geluidsblootstelling op de gevel van een huis. In 2002 is in het kader van Modernisering Instrumentarium Geluidsbeleid (MIG) besloten om de huidige Wet Geluidhinder stapsgewijs (in fases) aan te gaan passen. Deze fasegewijze aanpak staat ook wel bekend als MIG II. Momenteel wordt aan de tweede fase gewerkt, waarin een aantal (ingrijpende) wijzigingen voor regelgeving voor wegen en spoorwegen wordt voorgesteld. Naar verwachting leidt dit in de loop van 2008 tot een voorstel aan de Tweede Kamer.

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP, vanaf april 2008 ondergebracht in het Planbureau voor de Leefomgeving) heeft het RIVM gevraagd om:

- inzicht te geven in de relaties tussen de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer en hart en vaataandoeningen; en
- een inschatting te maken van de omvang van gezondheid- en welzijnseffecten van de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer.

Ter beantwoording van de eerstgenoemde vraag zijn blootstelling-responsrelaties tussen het geluidsniveau en het vóórkomen van hypertensie, angina pectoris en myocardinfarct met een meta-analyse afgeleid (hoofdstuk 2). Daarnaast zijn in de literatuur blootstelling-responsrelaties voor een aantal andere gezondheid- en welzijnseffecten geïdentificeerd (hoofdstuk 3). Door de blootstelling-responsrelaties te combineren met gegevens over de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan geluid van weg- en railverkeer, wordt de tweede vraagstelling beantwoord (hoofdstuk 4). Deze rapportage wordt afgesloten met een discussie van de resultaten en met conclusies (hoofdstuk 5 en 6).

2 Blootstelling-responsrelaties voor geluid van weg- en railverkeer en hart- en vaatziekten

2.1 De relatie tussen geluid van weg- en railverkeer en hart-en vaatziekten

In verschillende literatuuroverzichten is geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn dat de blootstelling aan geluid kan leiden tot een verhoogde kans op hypertensie (verhoogde bloeddruk) en op ischemische hartziekten (ICD-9: 410-414)¹, waartoe ondermeer myocardinfarct en angina pectoris behoren (Paschier-Vermeer, 1993; Berglund et al., 1999; Gezondheidsraad, 2004).² Om een kwantitatieve inschatting te kunnen maken van de omvang van hart- en vaataandoeningen gerelateerd aan de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer zijn blootstelling-responsrelaties nodig. Deze relaties geven per geluidsniveau weer welk percentage van de populatie kans heeft op een bepaald gezondheidseffect.

In 2000 is een meta-analyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in de kwantitatieve relatie tussen de blootstelling aan geluid en hart- en vaataandoeningen (Van Kempen et al., 2002). Een meta-analyse is een systematische review, waarbij de bevindingen van afzonderlijke studies op een kwantitatieve manier worden samengevat. Destijds werden zestien epidemiologische studies geëvalueerd die de relatie tussen transportgeluid en hart- en vaataandoeningen onderzochten en die tussen 1970 en 1999 in het Nederlands, Duits of Engels waren gepubliceerd. De relatie tussen het geluidsniveau en het effect werd uitgedrukt in de vorm van het relatieve risico (RR). Het RR is de verhouding van het absolute risico op een hart- en vaatziekte in een populatie met een zekere geluidsblootstelling (bijv. het aantal ziektegevallen per 1.000 mensen per jaar bij x dB) ten opzichte van het absolute risico in een populatie met een andere geluidsblootstelling. De grootte van het RR is mede afhankelijk van het verschil in geluidsblootstelling tussen beide populaties. In dit rapport wordt het RR per 5 dB toename in geluidsniveau beschreven.

Recent voerde Babisch (2006) een meta-analyse uit naar de effecten van geluid door transport (wegverkeer, railverkeer en vliegverkeer) op het vóórkomen van hart- en vaataandoeningen. Inmiddels waren er negentien studies naar de relatie tussen geluid van wegverkeer en hart- en vaatziekten gepubliceerd. Babisch leidde een blootstelling-responsrelatie af voor de samenhang tussen geluid van wegverkeer en het risico op myocardinfarct, waarbij werd aangenomen dat het risico vanaf 60 dB ($L_{Aeq, 6-22u}$) was verhoogd.

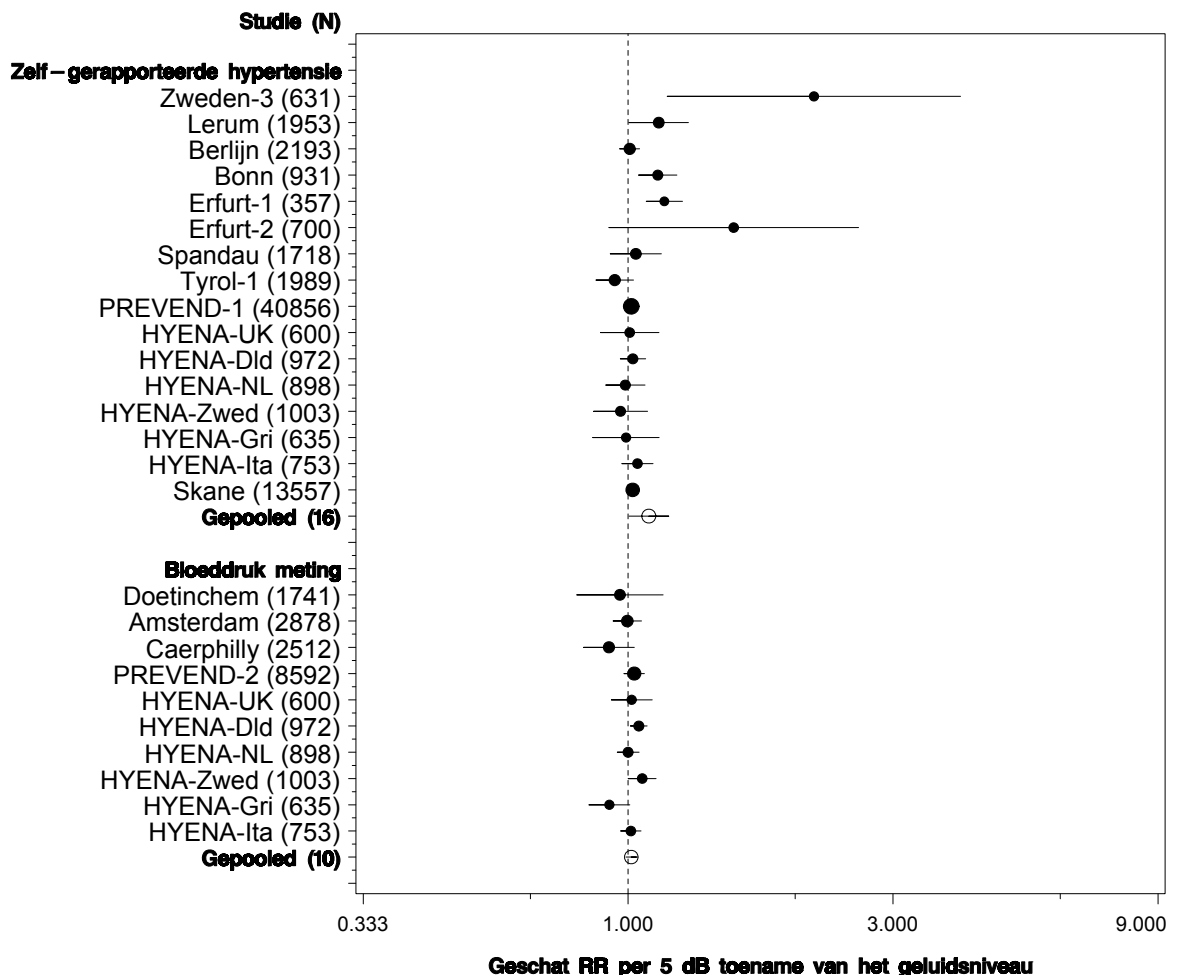
De aannamen over het geluidsniveau vanaf waar het risico is verhoogd en het aantal in ogenschou genomen studies verschillen onderling tussen Babisch (2006) en Van Kempen et al. (2002). Omdat niet op voorhand zondermeer duidelijk is wat hiervan de consequenties zijn, is ervoor gekozen de meta-analyse van Van Kempen et al. (2002) aan te vullen met tien studies die tussen 2000-2007 in het Nederlands, Duits of Engels zijn gepubliceerd. Voor een beschrijving van de gebruikte methoden bij uitvoering van de meta-analyse wordt verwezen naar Van Kempen et al. (2002).

¹ De International Classification of Diseases (ICD) van de WHO verwijst naar de classificatie van ziekten en aandoeningen in hoofdgroepen. Sinds 1979 vindt het coderen plaats volgens de richtlijnen van de negende versie (ICD-9). Ongeveer eens per tien jaar vindt er een revisie van deze classificatie plaats onder auspiciën van de WHO.

² Meer informatie over ischemische hartziekten en hun beloop, is te vinden op de website van het Nationaal Kompas Volksgezondheid: http://www.rivm.nl/vtv/object_document/o136n17964.html.

2.2 De relatie tussen geluid van wegverkeer en hypertensie

Sinds 1970 zijn er zestien studies gerapporteerd waarin de relatie tussen geluid van wegverkeer en hypertensie (verhoogde bloeddruk) is onderzocht (Babisch et al., 1994; Babisch et al., 1992; Babisch et al., 1988; Björk et al., 2006; Bluhm et al., 2007; Bluhm et al., 2001; Jarup et al., 2005; Jarup et al., 2008; De Kluizenaar et al., 2007; Knipschild et al., 1984; Knipschild en Sallé, 1979, 1976; Lercher et al., 2000; Lercher en Kofler, 1992; Maschke et al., 2003; Öhrström en Barregård, 2005; Von Eiff et al., 1981; Wölke et al., 1990; Yoshida et al., 1997). Het betreft voornamelijk dwarsdoorsnede-studies (n = 14); daarin is gekeken naar de prevalentie (het vóórkomen) van hypertensie. Het aantal deelnemers varieerde van 357 tot ruim 40.000 personen. In de meeste studies is de blootstelling aan geluid modelmatig (al dan niet aangevuld en/of gecombineerd met metingen) vastgesteld. In Tabel A in de bijlage zijn de kenmerken van de studies samengevat.



Figuur 1. Het relatieve risico en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de prevalentie van hypertensie per 5 dB verandering in de blootstelling aan geluid van wegverkeer (uitgedrukt als $L_{Aeq,16h}$). Voor meer achtergronden over de gebruikte studies wordt verwezen naar Tabel A in de bijlage.

Om de resultaten van de studies onderling te kunnen vergelijken, is voor elke studie het relatieve risico (RR) per 5 dB toename van het geluid berekend. Als indicator van de blootstelling is het equivalente geluidsniveau gedurende de dag en avond ($L_{Aeq, 16u}$) weergegeven. Afhankelijk van de definitie van de tijdsperiode van de nacht was dit de $L_{Aeq, 6-22u}$ of de $L_{Aeq, 7-23u}$. De resultaten van de afzonderlijke studies zijn in Figuur 1 weergegeven, onder vermelding van de studieaanduiding en het aantal deelnemers (zie ook Tabel A in de bijlage). Tevens is in de figuur het gepoolde resultaat weergegeven. De blootstelling-responsrelaties van de studies zijn hiertoe gemiddeld, waarbij is gewogen op basis van de nauwkeurigheid van het resultaat van de afzonderlijke studies.

Uit Figuur 1 blijkt dat de resultaten van de studies uiteenlopen. Wanneer de resultaten van alle studies ($n=19$) worden gepoold, wordt een RR_{5dB} berekend van 1,07 (95%-BI: 0,99 – 1,16). In Figuur 1 komt een verschil naar voren tussen de gepoolde RR van de groep studies waar hypertensie met een vragenlijst is vastgesteld ($n=16$) ($RR_{5dB} = 1,09$ (95%-BI: 1,00 – 1,18)) en van de groep studies waarbij dat gebeurt op basis van bloeddrukmetingen en/of in combinatie met gebruik van bloeddrukverlagende medicatie ($n=10$) ($RR_{5dB} = 1,01$ (95%-BI: 0,99 – 1,03)).

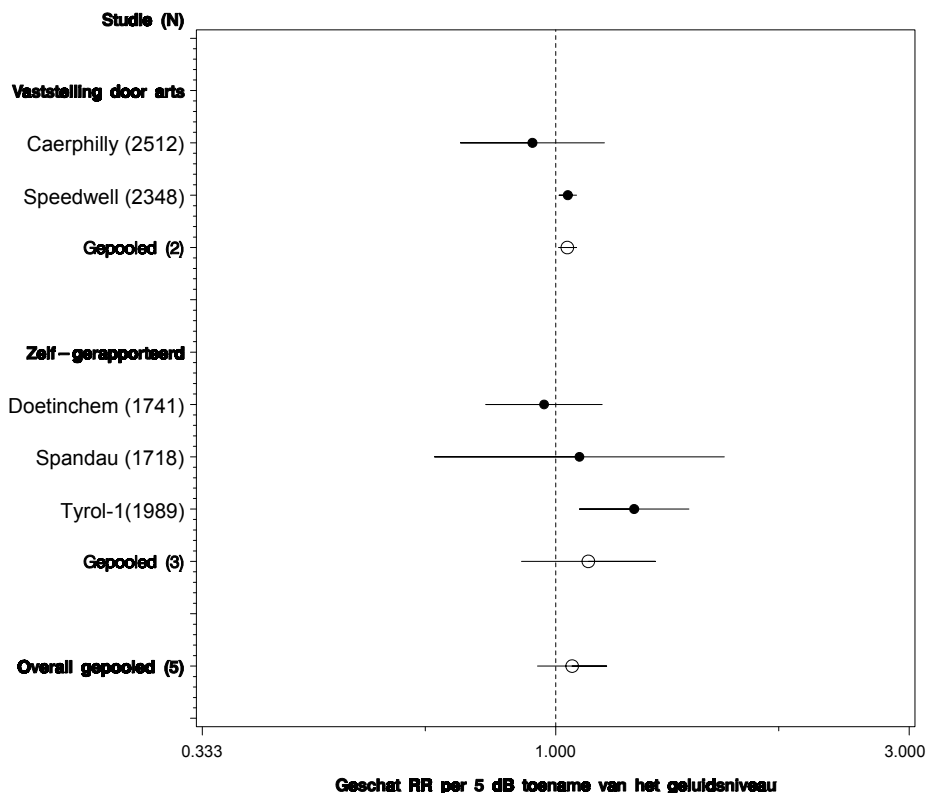
In 2002 werd, op basis van twee studies met bloeddrukmetingen die ook nu zijn meegenomen (Knipschild et al., 1984; Knipschild en Sallé, 1976), voor de relatie tussen geluid van wegverkeer en de prevalentie van hypertensie een RR_{5dB} van 0,95 (95%-BI: 0,84 – 1,08) gerapporteerd (Van Kempen et al., 2002).

2.3 De relatie tussen geluid van wegverkeer en angina pectoris

De relatie tussen geluid van wegverkeer en angina pectoris is sinds 1970 in vijf studies onderzocht (Babisch et al., 1993; Knipschild en Sallé, 1976; Lercher en Kofler, 1992; Maschke et al., 2003). Het betreft vijf dwarsdoorsnede-analyses (zie ook Tabel B in de bijlage). In Figuur 2 zijn de resultaten voor de verschillende onderzoekslocaties weergegeven.

Na pooling van alle resultaten wordt een RR_{5dB} berekend van 1,05 (95%-BI: 0,95 – 1,17). Wanneer angina pectoris is vastgesteld door een arts, is het relatieve risico wat lager dan wanneer angina pectoris is vastgesteld met een vragenlijst.

In 2002 werd een RR_{5dB} van 0,99 (95%-BI: 0,84 – 1,16) gerapporteerd (Van Kempen et al., 2002). Dit relatieve risico was gebaseerd op de resultaten van de Caerphilly en Speedwell studies (zie Figuur 2) (Babisch et al., 1999; 1993; 1988; The Caerphilly and Speedwell Collaborative Group, 1984). Omdat over deze studies nieuwe gegevens beschikbaar waren (Babisch, 2006) komt het nu gerapporteerde relatief risico niet overeen met dat uit 2002.

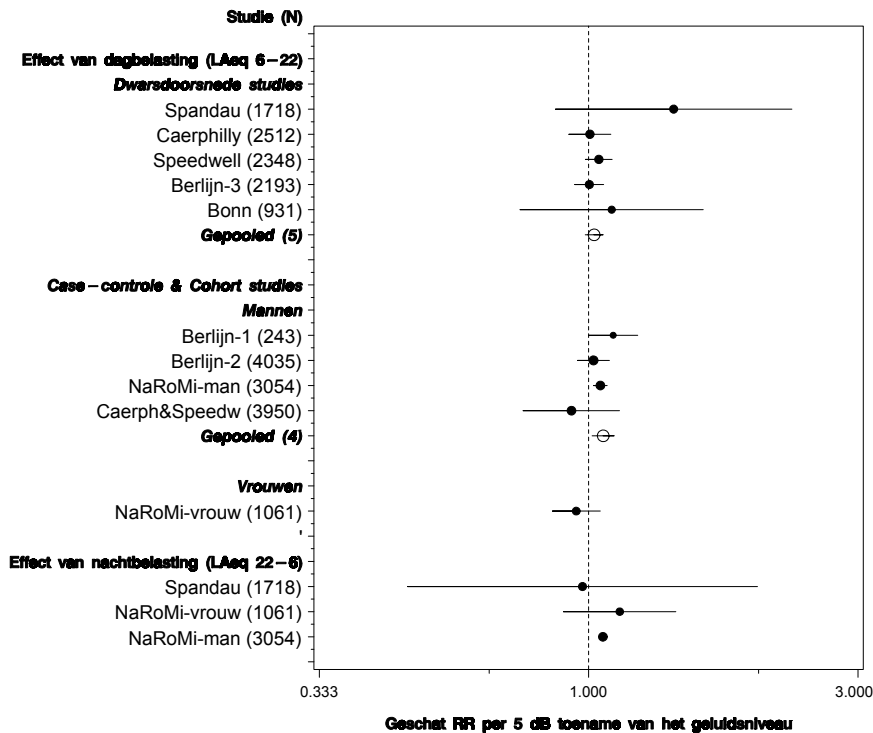


Figuur 2. Het relatieve risico en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de prevalentie van angina pectoris per 5 dB verandering in de blootstelling aan geluid van wegverkeer (uitgedrukt als $L_{Aeq,16u}$). Voor meer achtergronden over de gebruikte studies wordt verwezen naar Tabel B in de bijlage.

2.4 De relatie tussen geluid van wegverkeer en myocardinfarct

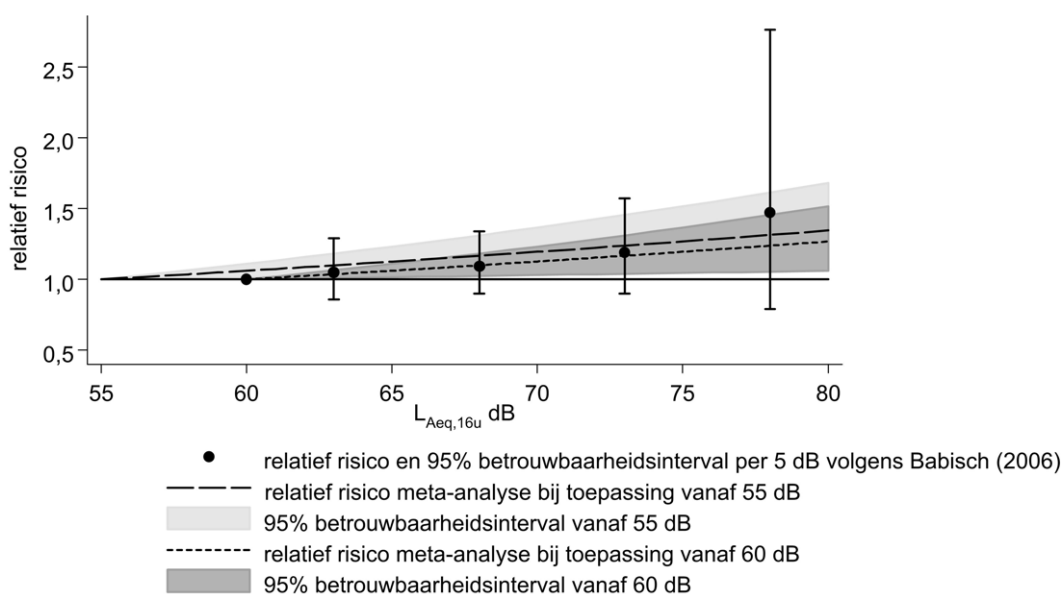
Er zijn tien studies gevonden die de relatie tussen geluid van wegverkeer en myocardinfarct onderzochten (Babisch et al., 2005; Babisch et al., 2003; Babisch et al., 1999; Babisch et al., 1994; Bluhm, 2006; Bluhm et al., 2000; Van Brederode, 1988; Lercher en Kofler, 1992; Maschke et al., 2003; Von Eiff et al., 1981; Von Eiff en Neus, 1980).

Het betreft vier dwarsdoorsnede-onderzoeken, vier case-controle-onderzoeken en twee follow-up-studies. Vaak werden mannen van middelbare leeftijd onderzocht. In zes van de tien studies werd het al dan niet hebben van een myocardinfarct vastgesteld door een arts; in de overige studies betrof het de zelfrapportage van deze aandoening. In twee studies (Maschke et al., 2003; Willich et al., 2006) werd ook naar het effect van nachtelijke blootstelling (L_{night}) gekeken.



Figuur 3. Het relatieve risico en het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de prevalentie en incidentie van myocardinfarct per 5 dB verandering in de blootstelling aan geluid van wegverkeer. Voor meer achtergronden over de gebruikte studies wordt verwezen naar Tabel C in de bijlage.

Uit Figuur 3 blijkt dat voor de meeste studies de RR_{5dB} groter is dan 1, wat betekent dat de kans op een myocardinfarct toeneemt met een oplopende geluidsblootstelling door wegverkeer. Uit de dwarsdoorsnede-onderzoeken kan de relatie tussen geluidsblootstelling en de prevalentie van myocardinfarct worden afgeleid. Na pooling wordt een RR_{5dB} berekend van 1,02 (95%-BI: 0,99 – 1,06) (N = 5). In de case-control- en cohort-studies is de incidentie (nieuwe gevallen per jaar) van myocardinfarct vrijwel uitsluitend bij mannen vastgesteld (RR_{5dB} 1,06 (95%-BI: 1,01 – 1,11) (N = 4). In één onderzoek werd ook over de (kleinere) vrouwelijke deelpopulatie gerapporteerd (Babisch et al., 2005); hierin werd geen verhoogd risico voor vrouwen aangetroffen. De studies naar het effect van nachtelijk geluid zijn een dwarsdoorsnede- en een case-control-studie. De resultaten zijn onderling niet vergelijkbaar, zodat er geen gepoolde RR_{5dB} is berekend.



Figuur 4. De relatieve risico's en het 95%-betrouwbaarheidsinterval van verschillende meta-analyses voor de incidentie van acuut myocardinfarct onder mannen.³

In 2002 rapporteerden Van Kempen et al. een RR_{5dB} van 1,03 (95%-BI: 0,99 – 1,09). Het betrof de prevalentie van myocardinfarct gebaseerd op de resultaten van twee dwarsdoorsnede-studies (Babisch et al., 1993). In een recente meta-analyse van Babisch (2006) werd een blootstelling-responsrelatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van myocardinfarct gerapporteerd. Daarbij werden de resultaten van dezelfde vier studies gepoold als in onderhavige meta-analyse. De berekening van Babisch (2006) betrof alleen mannen. In tegenstelling tot onderhavige meta-analyse en de meta-analyse van Van Kempen et al. (2002) berekende Babisch (2006) per blootstellingsgroep een RR. Als referentie nam hij daarbij de groep deelnemers met een blootstelling van minder dan 60 dB $L_{Aeq,6-22u}$ omdat in de Duitse studies er over het algemeen geen nadere informatie beschikbaar was over de blootstelling onder de 60 dB. Door deze werkwijze met blootstellingscategorieën wordt impliciet aangenomen dat er geen effecten van geluid plaatsvinden onder de 60 dB.

In Figuur 4 worden voor de incidentie van acuut myocardinfarct onder mannen de verschillen in werkwijze geïllustreerd. Babisch berekende per 5 dB blootstellingsklasse een gepoolde RR. De resultaten van de onderhavige meta-analyses zijn, als continue functie, zowel toegepast vanaf 60 dB als vanaf 55 dB.

Uit Figuur 4 wordt duidelijk dat de RR's van de onderhavige meta-analyse licht afwijken van de gepoolde resultaten van Babisch. In het licht van de grootte van de betrouwbaarheidsintervallen zijn de verschillen echter beperkt. Ook blijkt uit de figuur dat het niet goed mogelijk is om een geluidsniveau aan te wijzen waaronder effecten niet optreden; tussen de 55 en 65 dB liggen de (berekende) relatieve risico's allen zeer dicht bij 1.

³ In de figuur valt een gedeelte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval behorende bij het relatief risico toegepast vanaf 55 dB weg onder het 95%-betrouwbaarheidsinterval behorende bij het relatief risico toegepast van 60 dB.

2.5 De relatie tussen geluid van railverkeer en hart- en vaatziekten

Er zijn drie studies bekend die de blootstelling aan railverkeer en het vóórkomen van hart- en vaatziekten hebben gekwantificeerd (Bluhm, 2006; Lercher et al., 2000; Öhrström en Barregård, 2005; zie ook Tabel D in de bijlage). Helaas is de samenhang tussen het geluidsniveau en het optreden van cardiovasculaire aandoeningen niet gerapporteerd, zodat het niet mogelijk is een afzonderlijke meta-analyse voor geluid van railverkeer uit te voeren.

2.6 De bevindingen uit de meta-analyse besproken

De meta-analyse laat een positieve samenhang zien tussen geluid van wegverkeer en het risico op hypertensie, angina pectoris en myocardinfarct. Alleen de relatie met myocardinfarct was statistisch significant. Er werd een RR_{5dB} van 1,06 (95%-BI: 1,01 - 1,11) berekend.

2.6.1 Causaliteit

De resultaten van de meta-analyse bevestigen deels de conclusie van de Wereldgezondheidsorganisatie uit 1999. Geconcludeerd werd dat cardiovasculaire effecten samenhangen met langetermijnblootstelling aan $L_{Aeq,24h}$ niveaus in de range van 65-70 dB of hoger. De gevonden associaties tussen geluid en de cardiovasculaire effecten werden als zwak gekenschetst. Vermeld werd dat de effecten iets sterker waren voor ischemische hartziekten (waartoe myocardinfarct en angina pectoris behoren) dan voor hypertensie (Berglund et al., 1999). Een internationale commissie van de Gezondheidsraad stelde in 1994 dat er 'voldoende' bewijs is voor een relatie tussen geluid overdag en hypertensie (Passchier-Vermeer, 1994). De consistentie van de studies die de relatie tussen geluid van wegverkeer en hart- en vaatziekten hebben onderzocht is echter niet hoog: Figuren 1 t/m 3 laten zien dat de resultaten van de studies onderling verschillen. Consistent is wel dat voor de relatie tussen geluid van wegverkeer en hypertensie, angina pectoris en myocardinfarct steeds slechts zwakke verbanden worden gevonden: relatieve risico's waarvan de waardes net boven 1 liggen. Alleen de relatie met myocardinfarct was statistisch significant.

Over de vorm van de blootstelling-responsrelatie bestaat onzekerheid. Gezien de kleine relatieve risico's bij geluidsniveaus onder de 65 dB is het voor myocardinfarct niet mogelijk om uitspraken te doen over de precieze hoogte van het geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie kan worden toegepast.

Het effect van geluid op het hart- en vaatstelsel is slechts in enkele populaties onderzocht. De meeste studies naar de relatie tussen geluid van wegverkeer en hart- en vaatziekten zijn verricht onder mannen van voornamelijk middelbare leeftijd; vrouwen zijn nauwelijks onderzocht. Daarnaast is er een aantal studies verricht onder kinderen, waarbij is gekeken naar de effecten op de bloeddruk. De resultaten van de studies onder kinderen zijn niet consistent (Van Kempen et al., 2006).

De relatie tussen geluid van wegverkeer en hart- en vaatziekten is voornamelijk onderzocht aan de hand van dwarsdoorsnede-studies. Omdat in een dergelijke onderzoeksopzet de blootstelling, het effect en mogelijk verstorende variabelen tegelijkertijd zijn gemeten, is niet duidelijk wanneer, en hoe snel het effect van geluid ontstaat, en of bij een toenemend aantal jaren van blootstelling de effecten toenemen. Babisch (2006) stelt dat een aantal bedenkingen ten aanzien van dwarsdoorsnede-studies waarin de effecten van geluid worden onderzocht minder van belang zijn. Zo is het bijvoorbeeld niet waarschijnlijk dat zieke personen de neiging hebben om vaker te verhuizen naar gebieden met hoge geluidsniveaus.

veaus. Daarnaast is uit diverse analyses gebleken dat de sterkte van de relaties toeneemt wanneer de analyses werden beperkt tot personen die al verschillende jaren waren blootgesteld aan het geluid (Babisch, 2006). Voor wat betreft de relatie tussen geluid van wegverkeer en myocardinfarct is de laatste jaren ook een aantal case-controle- en follow-up-studies uitgevoerd. In deze studies worden eveneens zwakke verbanden gevonden, maar de onderzoeksopzet van dit type studies is beter dan die van dwarsdoorsnede-studies. Bovendien is de kans op vertekening van de onderzoeksresultaten kleiner doordat het myocardinfarct veelal objectief (door een arts) is vastgesteld in tegenstelling tot de studies naar hypertensie en angina pectoris waarin ook vaak sprake is van zelfrapportage.

De biologische plausibiliteit voor een relatie tussen de blootstelling aan geluid en hart- en vaatziekten is groot. Een verhoogde kans op hypertensie en myocardinfarct wordt vaak gezien als het gevolg van stress die door blootstelling aan geluid kan optreden. Deze hypothese wordt ondersteund door de uitkomsten van verschillende onderzoeken op het gebied van geluid en gezondheid, en door de bouw van het auditieve systeem (Passchier-Vermeer, 1993). Stress kan rechtstreeks tot klinische effecten leiden, maar kan zich ook uiten in gedrag (roken, medicijngebruik) en zo indirect bijdragen aan gezondheidsproblemen. Verder kan bij mensen die al lijden aan een hart- en vaataandoening, hun gezondheidstoestand door blootstelling aan geluid verslechteren, zodat (klinische) aandoeningen (eerder) manifest kunnen worden.

Er zijn uit recent onderzoek aanwijzingen dat aan wegverkeer gerelateerde luchtverontreiniging van invloed is op het optreden van hartvaatziekten (Grazuleviciene et al., 2004; Rosenlund et al., 2006): daar mensen woonachtig bij drukke wegen zowel aan geluid als luchtverontreiniging van wegverkeer worden blootgesteld, kan niet worden uitgesloten dat het effect van geluid van wegverkeer op het risico van myocardinfarct mede wordt veroorzaakt door de blootstelling aan luchtverontreiniging van wegverkeer. Overigens geldt andersom dat de effecten van luchtverontreiniging van wegverkeer mede het gevolg kunnen zijn van de blootstelling aan geluid.

2.6.2 De effecten van nachtelijke blootstelling

Bij de relatie tussen geluid van wegverkeer en myocardinfarct wordt de $L_{Aeq,16u}$ als blootstellingsindicator gebruikt. Het gebruik van de $L_{Aeq,16u}$ suggereert mogelijk dat nachtelijke blootstelling aan geluid niet relevant is. Een dergelijke conclusie is vooralsnog voorbarig. Allereerst omdat slechts in een beperkt aantal studies er informatie over de nachtelijke blootstelling beschikbaar is. Daarnaast geldt voor wegverkeergeluid dat de correlatie tussen het geluidsniveau overdag en het geluidsniveau 's nachts zeer hoog is. Het is zodoende voor wegverkeer nog moeilijk vast te stellen welk dagdeel voor de invloed van het geluid op het optreden van hart- en vaataandoeningen het meest relevant is.

De Gezondheidsraad concludeerde in 2004 specifiek voor nachtelijk geluid dat een relatie tussen nachtelijk geluid en een verhoogde kans op hypertensie en hartziekten plausibel is, maar dat er voor een causaal verband nog onvoldoende bewijs is (Gezondheidsraad, 2004).

2.6.3 Selectie van de blootstelling-responsrelatie en het berekenen van de ziektelast

Blootstelling aan geluid afkomstig van wegverkeer hangt samen met een verhoogd risico op acuut myocardinfarct. Met behulp van een meta-analyse is een relatie afgeleid voor het verband tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van acuut myocardinfarct. Deze relatie is gebaseerd op vier studies waarin alleen mannen zijn onderzocht en zal als uitgangspunt dienen voor de berekeningen van de omvang van de ziektelast van cardiovasculaire effecten, beschreven in hoofdstuk 4.

Het afgeleide relatieve risico wordt toegepast op de totale populatie: aangezien onderzoek onder vrouwen schaars is, is aangenomen dat het risico voor mannen ook op vrouwen van toepassing is. Aanvullend is er een gevoeligheidsanalyse gedaan waarin het relatieve risico dat bij mannen is gevonden al-

leen op de mannelijke populatie wordt toegepast. Bij vrouwen is geen extra risico verondersteld. Gezien de onzekerheid over de hoogte van het geluidsniveau waarboven het extra risico optreedt, wordt in de gevoeligheidsanalyse nader bekeken wat de invloed is van verschillende aannamen over dit geluidsniveau. Tevens wordt bekeken wat het verschil is wanneer de resultaten van de meta-analyse van Babisch op de Nederlandse situatie wordt toegepast.

Er worden geen schattingen gemaakt van het aantal mensen met angina pectoris of hypertensie. De studies die de samenhang tussen geluid en het vóórkomen van angina pectoris onderzochten, hebben een minder goed onderzoeksontwerp (dwarsdoorsnede-analyses) dan de studies waarin naar de incidentie van myocardinfarct is gekeken (case-controle-studies en follow-up-studies). Dit geldt ook voor de meeste studies waarin naar de relatie tussen geluid en hypertensie is gekeken. Voor deze beide eindpunten is in de meta-analyse geen relatie met het geluid van weg- of railverkeer gevonden. Er is zodoende op dit moment geen blootstelling-responsrelatie beschikbaar waarmee berekeningen voor deze twee eindpunten kunnen worden uitgevoerd.

Om een indruk te krijgen van de mogelijke omvang van de ziektelast door geluid, zijn in het verleden vanuit het berekende aantal mensen met verhoogde bloeddruk schattingen gemaakt van de ziektelast aan cardiovasculaire aandoeningen. Destijds werd voor hypertensie, bij gebrek aan een blootstelling-responsrelatie voor geluid van wegverkeer, die voor geluid van vliegverkeer gebruikt. Daar we nu de beschikking hebben over een blootstelling-responsrelatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en de incidentie van myocardinfarct, is deze berekeningswijze niet langer nodig.

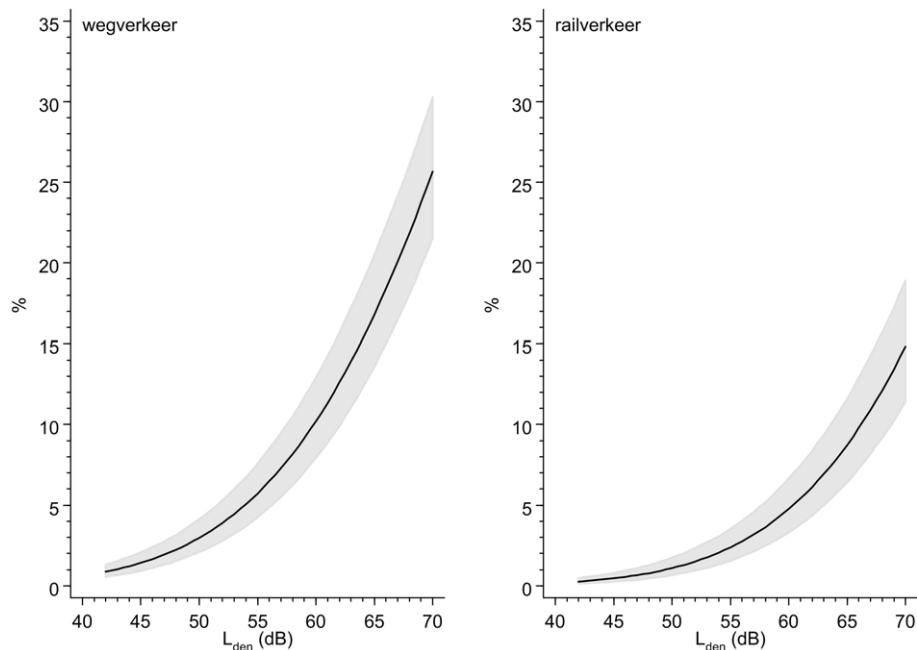
Er is geen specifieke informatie gevonden over de relatie tussen geluid van railverkeer en de incidentie van myocardinfarct. Om een eerste-ordeschatting voor de omvang van de effecten van railverkeer te kunnen maken, is ten behoeve van deze rapportage aangenomen dat de relatie van wegverkeergeluid ook voor railverkeergeluid kan worden toegepast.

3 Selectie van andere gezondheidseindpunten en blootstelling-responsrelaties

Naast de incidentie van acuut myocardinfarct is het mogelijk om ook voor een aantal andere gezondheid- en welzijnseindpunten te berekenen hoeveel de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer aan de ziektelast in de Nederlandse bevolking kan bijdragen. De Wereldgezondheidsorganisatie en de Gezondheidsraad concluderen dat er voldoende bewijs is voor het ontstaan van gezondheid- en welzijnseffecten als hinder, slaapverstoring en verandering van de slaapkwaliteit. Ook bestaat er enig, zij het niet consistent, bewijs voor cognitieve effecten zoals verminderde leesvaardigheid bij kinderen (Berglund et al., 1999; Passchier-Vermeer, 1993; Gezondheidsraad, 2004). Voor een aantal van deze effecten zijn in de literatuur blootstelling-responsrelaties te vinden.

3.1 Ernstige hinder

In 2000 hebben Miedema en Oudshoorn (2001) blootstelling-responsrelaties afgeleid tussen ernstige hinder en de blootstelling aan geluid van weg-, en railverkeer (L_{den}) op basis van surveys die in Europa en Canada in de periode 1971-1994 zijn uitgevoerd (zie Figuur 5).



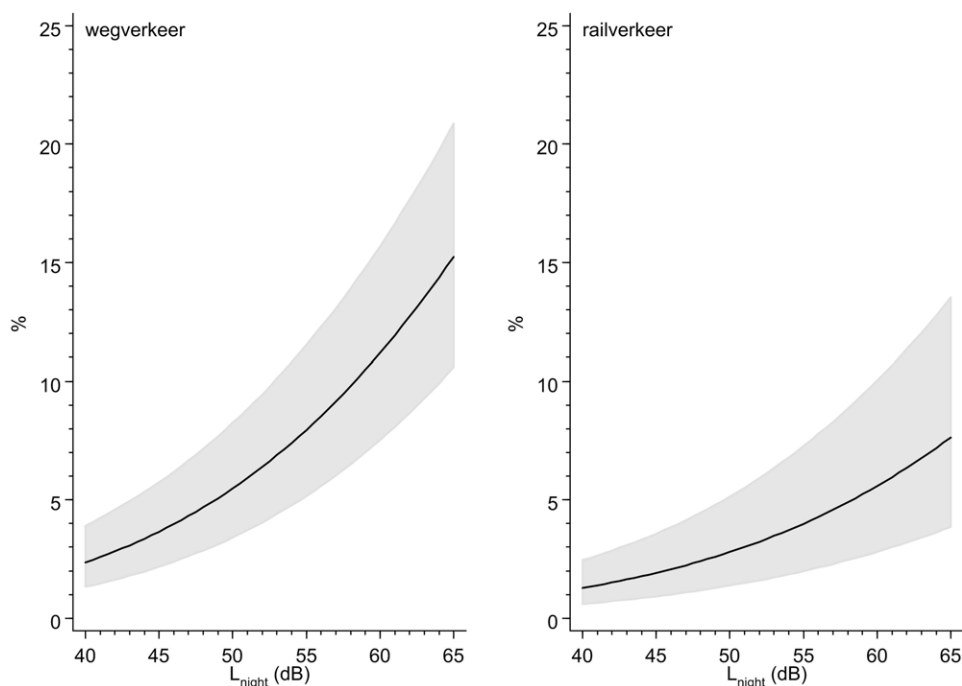
Figuur 5. De relaties tussen geluid van weg- en van railverkeer en het percentage ernstige hinder inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval die in deze rapportage zijn toegepast (bron: Miedema en Oudshoorn, 2001).

Deze relaties worden in het kader van de EU-richtlijn Omgevingslawaai aanbevolen (EC/DG ENV, 2002)⁴. Om de omvang van ernstige hinder te berekenen, zijn de relaties vanaf 42 dB toegepast op het volwassen deel van de Nederlandse bevolking.

3.2 Slaapverstoring

Effecten op de slaap die optreden door nachtelijke geluidsblootstelling, kunnen zich op verschillende manieren manifesteren: in het slaapgedrag, in de structuur van de slaap, als een fysiologische respons (zoals bloeddrukverhoging en hartslagversnelling) of als effecten die optreden in de periode na de slaap (zoals vermoeidheid en concentratieverlies). Voor deze rapportage beperken we ons tot de effecten van langdurige nachtelijke geluidsblootstelling: zelfgerapporteerde slaapverstoring, slapeloosheid en slaapproblemen.

Analoog aan hinder, hebben Miedema et al. (2002) blootstelling-responsrelaties afgeleid voor de relatie tussen de nachtelijke blootstelling aan geluid (L_{night}) van weg-, en railverkeer en zelfgerapporteerde ernstige slaapverstoring (zie Figuur 6). Dit is gebeurd op basis van surveys die in Europa, Canada en Japan in de periode 1975-2001 zijn uitgevoerd. Deze relaties zijn vanaf 40 dB toegepast.

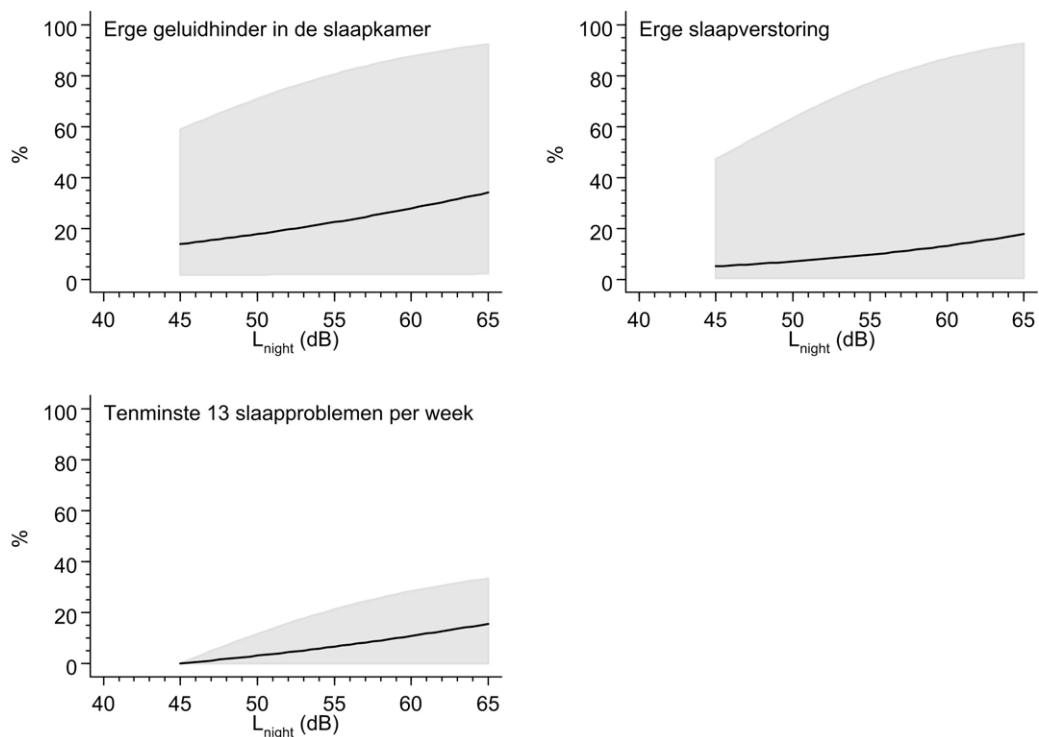


Figuur 6. De relaties tussen geluid van weg- en van railverkeer en het percentage ernstige slaapverstoring inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval die in deze rapportage zijn toegepast (bron: Miedema et al., 2002).

⁴ De Europese Richtlijn voor omgevingsgeluid 2002/49/E6 is gericht op de evaluatie en beheersing van omgevingslawaai. In Nederland is deze richtlijn in 2004 ingevoerd in de Wet Geluidhinder. De richtlijn is van toepassing op omgevingslawaai waaraan mensen worden blootgesteld.

3.3 Slapeloosheid

Voor zover bekend zijn er drie studies geweest die de relatie tussen nachtelijke geluidsblootstelling door wegverkeer en slapeloosheid hebben onderzocht (Kageyama et al., 1997; Kawada et al., 2003; Passchier-Vermeer et al., 2007). Met verschillende aannamen is het mogelijk om voor een subpopulatie uit de publicatie van Kageyama et al. (1997) een blootstelling-responsrelatie af te leiden. Daar in de andere twee onderzoeken echter geen relatie tussen nachtelijk geluid en slapeloosheid werd gevonden en in het artikel van Kawada et al. (2003) zeer beperkte kwantitatieve informatie over de geluidsblootstelling voorhanden is, is er verder van afgezien voor slapeloosheid een blootstelling-responsrelatie te operationaliseren. Als alternatief is gebruikgemaakt van de resultaten van een recent onderzoek naar de relatie tussen nachtelijk geluid van weg- en railverkeer (Passchier-Vermeer et al., 2007). In dit Nederlandse onderzoek zijn relaties afgeleid tussen de blootstelling aan nachtelijk geluid van weg- en railverkeer (L_{night}) en de prevalentie van ‘Erge geluidhinder door weg- of railverkeer in de slaapkamer’, ‘Erge slaapverstoring door weg- of railverkeer’ en ‘Ten minste 13 slaapproblemen door weg- of railverkeer per week’ (zie Figuur 7). Deze relaties zijn vanaf 45 dB toegepast op volwassenen.



Figuur 7. De relaties tussen geluid van weg- en/of railverkeer en het percentage ‘Erge geluidhinder in de slaapkamer’, ‘Erge slaapverstoring’ en ‘Ten minste 13 slaapproblemen door per week’ inclusief 95%-betrouwbaarheidsinterval die in deze rapportage zijn toegepast (bron: Passchier-Vermeer et al., 2007).

3.4 Cognitie

De meeste studies die bij kinderen zijn uitgevoerd naar het effect van geluid op cognitief functioneren hebben zich daarbij beperkt tot het effect van geluid van vliegverkeer; slechts in enkele onderzoeken is het effect van geluid van wegverkeer bestudeerd. Uit de literatuur over wegverkeergeluid komen enige, maar geen eenduidige aanwijzingen voor effecten op ondermeer langdurige aandacht, concentratie, de geheugenfunctie en leesvaardigheid naar voren (Stansfeld et al., 2000). De bevindingen van deze studies zijn moeilijk te interpreteren en niet eenduidig (Cohen et al., 1973; Lercher et al., 2003; Hygge, 1997; Hygge, 2003; Stansfeld et al., 2005). Bruikbare blootstelling-responsrelaties voor de samenhang tussen weg- en/of railverkeergeluid en cognitieve effecten bij kinderen zijn momenteel niet voorhanden.

4 De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking

4.1 Blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer in Nederland

Het MNP heeft voor verschillende geluidsbronnen de geluidsbelasting in Nederland met het landelijke model EMPARA (Dassen et al., 2001) in kaart gebracht. De resultaten van de modellering van de betreffende geluidsbronnen zijn vervolgens gekoppeld aan een woonadressenbestand met populatiegegevens (ACN, 2004)⁵. Als primaire indicator voor de geluidsbelasting is de L_{den} berekend. Vanuit de L_{den} is de $L_{Aeq,16u}$ afgeleid. Het verband tussen de L_{den} en de $L_{Aeq,16u}$ is afhankelijk van de etmaalverdeling van het wegverkeer. Deze verdeling is voor snelwegen anders dan voor binnenstedelijk verkeer. Voor railverkeer is ook de L_{night} gemodelleerd; voor wegverkeer is deze uit de L_{den} afgeleid. De resultaten zijn in de vorm van het aantal inwoners per 1 dB geluidsklasse voor railverkeer, voor wegverkeer op rijkswegen en van wegverkeer – cumulatief – van alle wegen van het MNP verkregen.

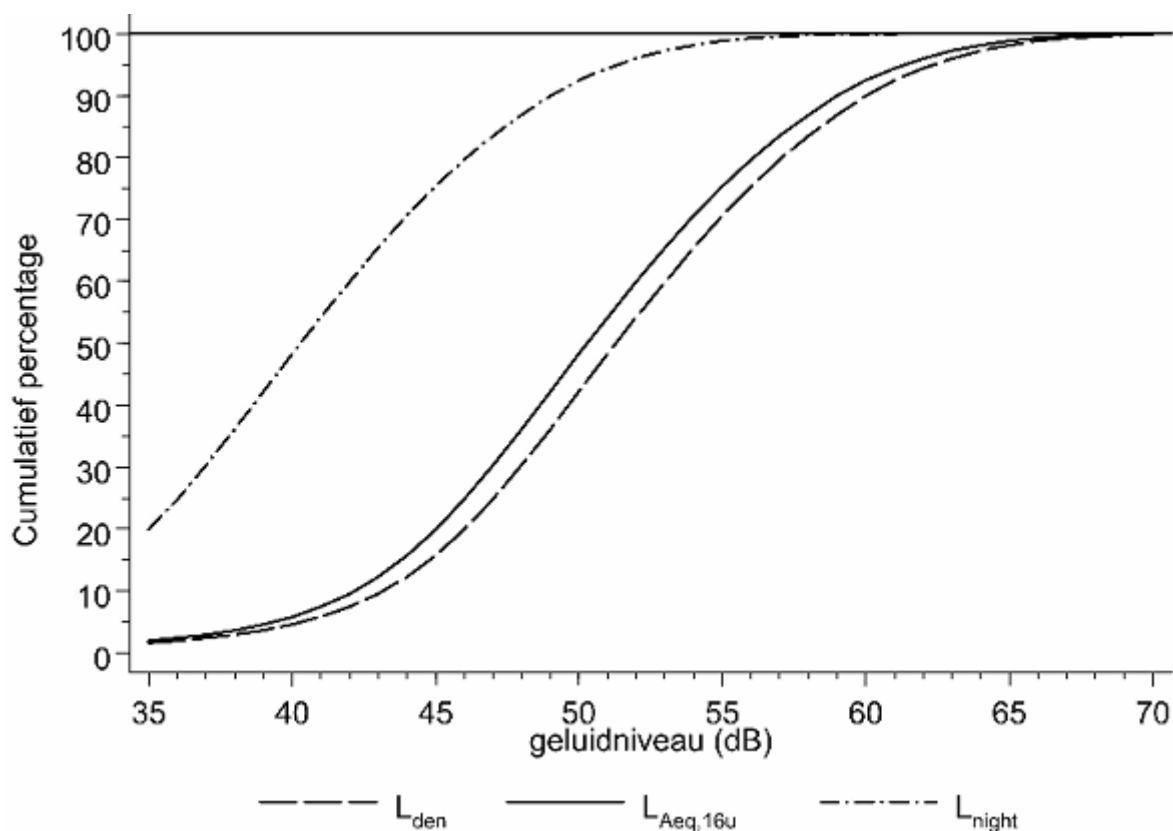
4.1.1 Blootstelling aan geluid van wegverkeer

Deze paragraaf beschrijft allereerst de blootstelling aan geluid van alle wegen. Vervolgens wordt ingegaan op de blootstelling aan geluid afkomstig van rijkswegen.

In Figuur 8 wordt de verdeling van de blootstelling van geluid afkomstig van alle wegen, over de Nederlandse bevolking weergegeven (circa 16,2 miljoen in 2004). Hiervoor zijn vanuit de verdeling van de L_{den} de verdelingen voor de $L_{Aeq,16u}$ en de L_{night} afgeleid. De verschillen tussen deze drie indicatoren zijn voor niet-rijkswegen (provinciale en gemeentelijke wegen) anders dan voor rijkswegen door een andere verdeling van het verkeer over het etmaal en vanwege een andere procentuele bijdrage van het lichte, middelzware en zware wegverkeer. In het tijdbestek van dit project, kon het MNP alleen de L_{den} gecumuleerd voor alle wegen berekenen.

Daar getalsmatig het aantal woningen in steden groter is dan rond rijkswegen, is de verdeling van het binnenstedelijk wegverkeer voor alle Nederlandse wegen aangehouden. Voor de binnenstedelijke situatie is op advies van het MNP aangenomen dat de $L_{Aeq,16u}$ 1 dB en de L_{night} 11 dB lager ligt dan de L_{den} . Omdat deze aanname leidt tot een overschatting van omvang van de effecten is eveneens een blootstellingsverdeling voor de $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} gebruikt waarbij is verondersteld dat op alle Nederlandse wegen dezelfde verdeling over het etmaal en dezelfde verdeling van de verschillende typen wegverkeer gelden als voor rijkswegen. De verschillen geven inzicht in de gevoeligheid voor de wijze waarop de omrekening plaatsvindt (zie paragraaf 4.5). De blootstellingsverdelingen voor L_{den} , $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} gebaseerd op de omrekening voor rijkswegen en voor een binnenstedelijke situatie zijn voor 5 dB-klassen vermeld in Tabel E in de bijlage.

⁵ Het AdresCoördinatenbestand Nederland (ACN) van het Kadaster is een digitaal bestand op basis van ieder bestaand postadres, voorzien van X- en Y-coördinaten



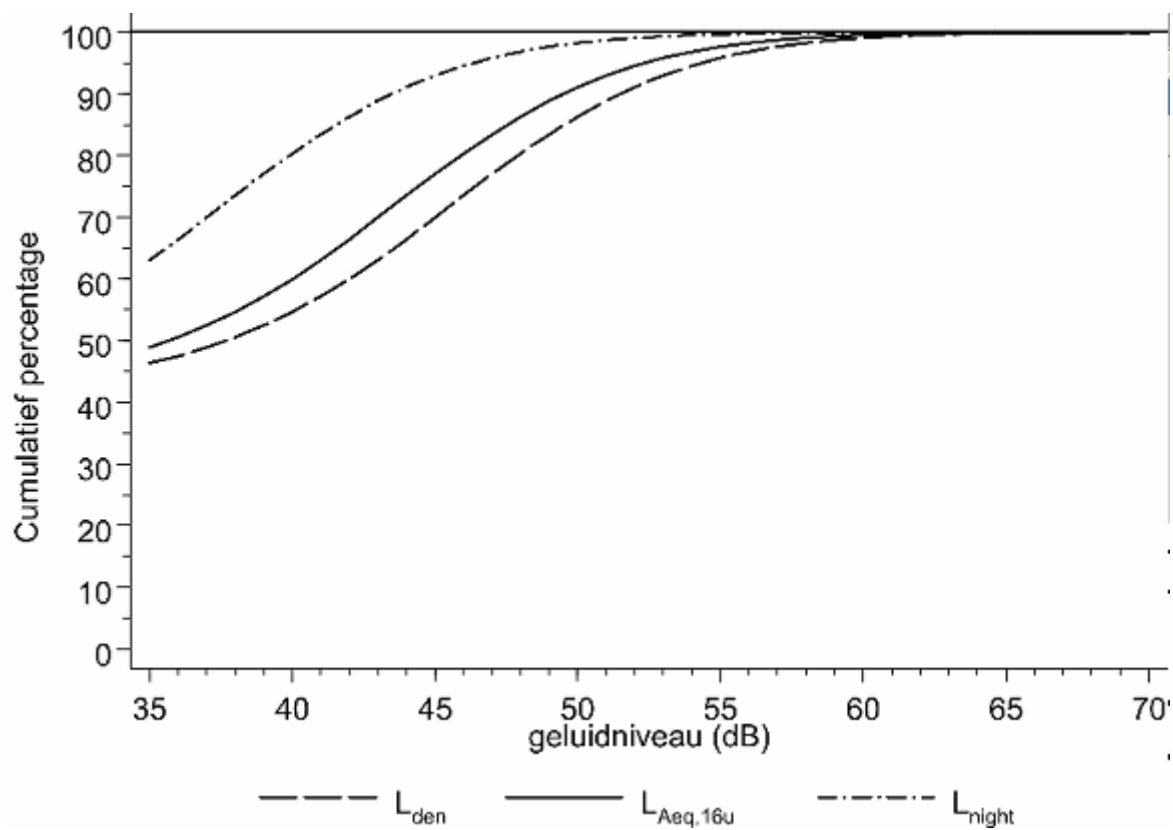
Figuur 8. Verdeling van belasting aan L_{den} , $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} afkomstig van alle wegen in de Nederlandse bevolking (2004). Bij omrekening van aan L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} is een binnenstedelijke situatie aangenomen.

Voor 10% van de Nederlandse bevolking geldt dat zij worden blootgesteld aan geluidsniveaus van 61 dB L_{den} of meer. Voor de $L_{Aeq,16u}$ ligt het percentage van de Nederlandse bevolking dat een geluidsbelasting van 61 dB of meer heeft, op 7,5%. Voor de L_{night} is 7,5% blootgesteld aan 51 dB of meer.

In Figuur 9 wordt een overzicht gegeven van de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan geluid van wegverkeer op rijkswegen. In Tabel F in de bijlage is de verdeling in 5 dB-klassen vermeld.

Bij de omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ is op advies van het MNP op basis van landelijke vervoersprestaties in 2004 voor rijkswegen aangehouden dat de $L_{Aeq,16u}$ 2 dB lager ligt dan de L_{den} . Voor de L_{night} is voor rijkswegen een 8 dB lager niveau dan de L_{den} genomen.

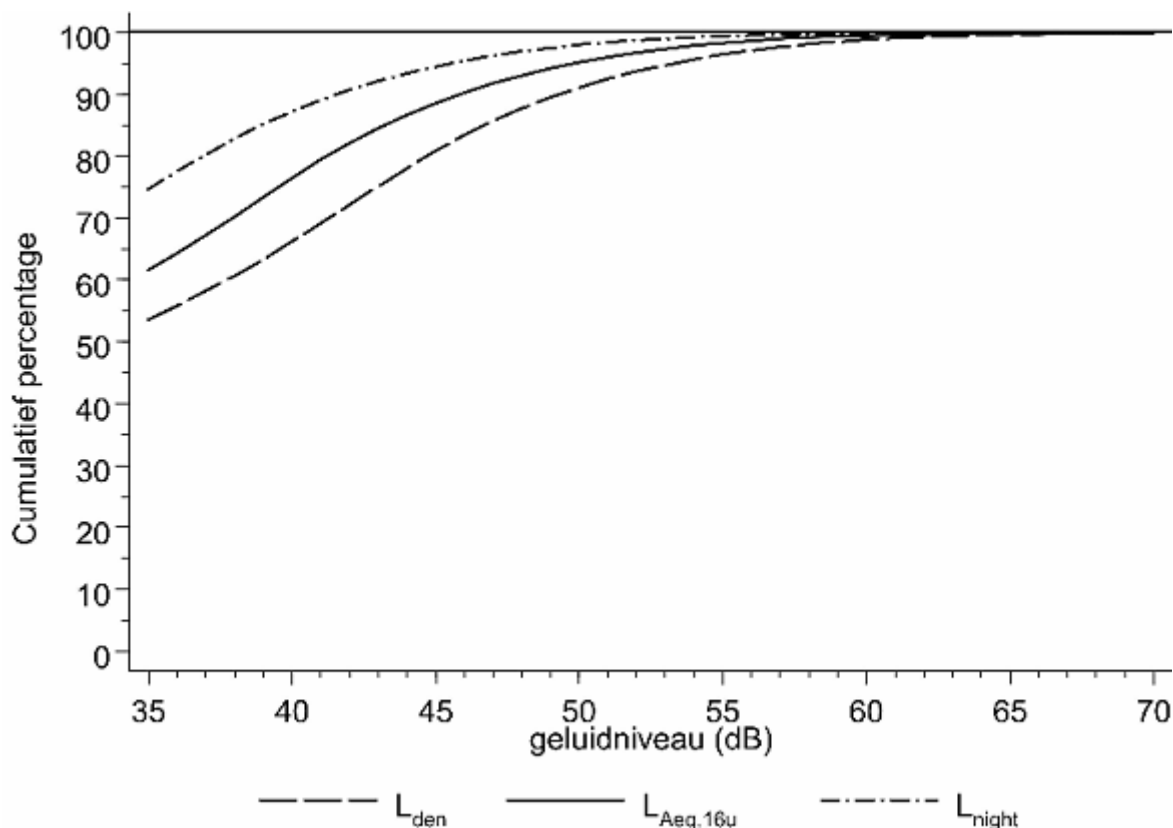
Uit Figuur 9 blijkt dat bijna 1% van de Nederlandse bevolking aan geluidsniveaus afkomstig van rijkswegen van 61 dB L_{den} of meer op het woonadres wordt blootgesteld. Aan een geluidsniveau van 61 dB $L_{Aeq,16u}$ of meer, is 0,5% blootgesteld. Bijna 2% van de bevolking wordt blootgesteld aan een L_{night} van 51 dB of meer.



Figuur 9. Verdeling van belasting aan L_{den} , $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} afkomstig van rijkswegen in de Nederlandse bevolking (2004).

4.1.2 Blootstelling aan geluid van railverkeer

Als laatste wordt in Figuur 10 een overzicht gegeven van de blootstelling in Nederland aan geluid afkomstig van railverkeer. In Tabel G in de bijlage is de verdeling per klasse van 5 dB weergegeven.



Figuur 10. Verdeling van belasting aan L_{den} , $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} afkomstig van railverkeer (2004).

Het percentage van de Nederlandse bevolking dat aan een L_{den} van 61 dB of meer afkomstig van railverkeer is blootgesteld (1,2%) is vergelijkbaar met het percentage voor geluid afkomstig van wegverkeer op rijkswegen. Dit geldt ook voor de $L_{Aeq,16u}$ (0,5% boven de 61 dB) en de L_{night} (2% boven de 51 dB).

4.2 Omvang van de effecten van wegverkeer (alle wegen)

In Tabel 1 wordt het aantal personen aangegeven dat door de blootstelling aan geluid afkomstig van verkeer op alle Nederlandse wegen een gezondheids- of welzijnseffect ondervindt.

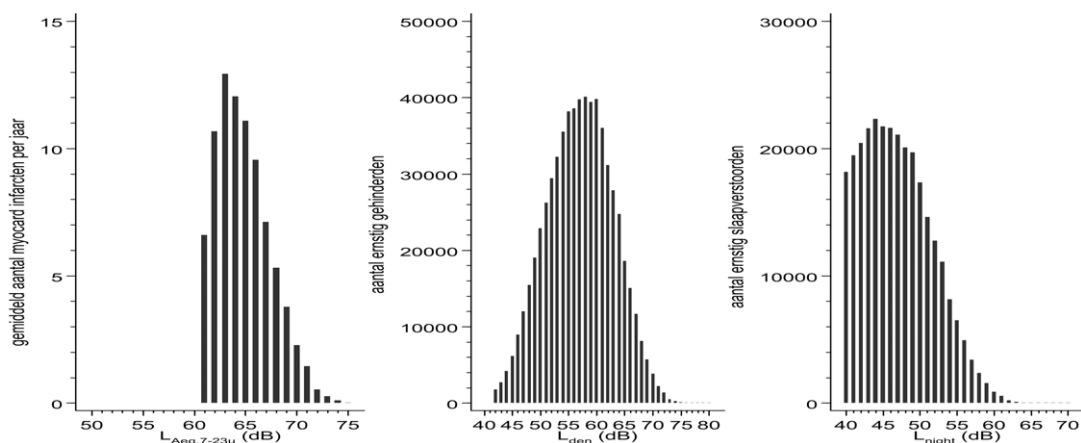
Het berekend aantal personen dat een acuut myocardinfarct krijgt door geluid van wegverkeer is 84 per jaar met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 21 tot 150 per jaar. Het aantal mensen dat ernstige hinder of erge hinder in de slaapkamer ondervindt is enkele ordes groter (respectievelijk 640.000 en 630.000). De omschrijving van deze twee effecten als de omvang zijn vrijwel identiek, zodat deze uitkomsten zeer waarschijnlijk grotendeels overlappen. Dit geldt ook voor ernstige slaapverstoring en erge slaapverstoring (respectievelijk 290.000 en 250.000).

Tabel 1. De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen.

Omschrijving effect	Aantal personen		Indicator	Toegepast vanaf
		95%-BI		
Acuut myocardinfarct per jaar ¹⁾	84	21-150	$L_{Aeq,16u}$ ⁶⁾	60 dB
Ernstige hinder ^{2,3)}	640.000	480.000-830.000	L_{den}	42 dB
Erge geluidhinder in de slaapkamer ^{3,4)}	630.000	69.000-2.500.000	L_{night} ⁶⁾	45 dB
Ernstige slaapverstoring ^{3,5)}	290.000	180.000-450.000	L_{night} ⁶⁾	40 dB
Erge slaapverstoring ^{3,4)}	250.000	12.000-2.200.000	L_{night} ⁶⁾	45 dB
Ten minste 13 slaapproblemen per week ^{3,4)}	86.000	3.4-310.000	L_{night} ⁶⁾	45 dB

1) Op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%-BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); 2) relatie voor wegverkeer afkomstig uit Miedema en Oudshoorn, 2001; 3) onder volwassenen; 4) relatie voor weg- en railverkeer afkomstig uit Passchier-Vermeer et al., 2007; 5) relatie voor wegverkeer afkomstig uit Miedema et al, 2002; 6) bij omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen; afkortingen: 95%-BI = 95%-betrouwbaarheidsinterval.

In Figuur 11 is per 1 dB de omvang van het extra aantal myocardinfarcten per jaar, het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaapverstoorden weergegeven. Uit Figuur 12 blijkt dat de bijdrage van relatief hoge geluidsniveaus aan de totale ziektelast relatief gering is ten opzichte van de bijdrage van geluidsniveaus die liggen in de nabijheid van de 60 dB. Dit is het gevolg van de blootstellingsverdeling van het geluid in de Nederlandse populatie. Het aantal mensen met een geluidsblootstelling net boven de 60 dB is veel groter dan het aantal bij hoge geluidsblootstellingen. Ook voor ernstige hinder en slaapverstoring geldt dat de omvang niet zozeer bepaald wordt door blootstelling aan relatief hoge geluidsniveaus, maar dat geluidsniveaus tussen de 55 en 60 dB L_{den} en de 42 en 50 dB L_{night} hieraan een relatief grote bijdrage leveren.



Figuur 11. Uitsplitsing van totaal aantal extra myocardinfarcten per jaar (links), aantal ernstig slaapverstoorden (midden) en aantal ernstig gehinderden (rechts) door geluid van wegverkeer op alle wegen over 1 dB klassen.

4.3 Omvang van de effecten van wegverkeer op rijkswegen

In Tabel 2 wordt wederom de omvang gegeven van het aantal personen in Nederland dat een bepaald gezondheid- of welzijnseffect ondervindt door blootstelling aan geluid. Ditmaal is alleen geluid afkomstig van rijkswegen beschouwd.

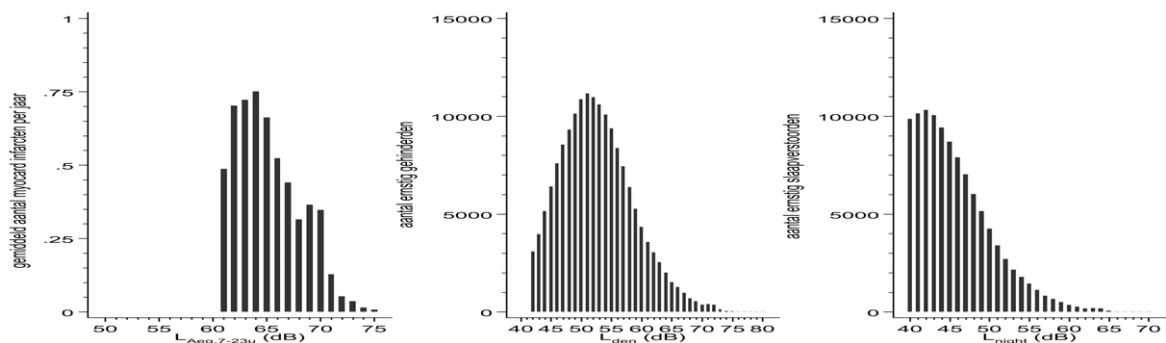
Tabel 2. De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid afkomstig van wegverkeer op rijkswegen.

Omschrijving effect	Aantal personen		Indicator	B-r-relatie toegepast vanaf
		95%-BI		
Acuut myocardinfarct per jaar ¹⁾	5,6	1,4-10	$L_{Aeq,16u}$	60 dB
Ernstige hinder ^{2,3)}	170.000	120.000-230.000	L_{den}	42 dB
Erge geluidhinder in de slaapkamer ^{3,4)}	190.000	21.000-750.000	L_{night}	45 dB
Ernstige slaapverstoring ^{3,5)}	100.000	63.000-160.000	L_{night}	40 dB
Erge slaapverstoring ^{3,4)}	72.000	3.600-640.000	L_{night}	45 dB
Ten minste 13 slaapproblemen per week ^{3,4)}	22.000	0,9-81.000	L_{night}	45 dB

1) op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%-BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); 2) relatie voor wegverkeer afkomstig uit Miedema en Oudshoorn, 2001 3) onder volwassenen; 4) relatie voor weg- en railverkeer afkomstig uit Passchier-Vermeer et al., 2007; 5) relatie voor wegverkeer afkomstig uit Miedema et al., 2002; Afkortingen: 95%-BI = 95%-betrouwbaarheidsinterval; B-r-relatie = blootstelling-responsrelatie.

Het aantal personen per jaar dat een acuut myocardinfarct krijgt door geluid van wegverkeer op rijkswegen bedraagt 5,6 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 1,4 tot 10. Het aantal mensen dat ernstige hinder ondervindt is 170.000 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 120.000 tot 230.000. De omvang van ernstige slaapverstoring is 100.000 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 63.000 tot 160.000.

In Figuur 12 is de omvang van het extra aantal myocardinfarcten per jaar, het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaapverstoorden per 1 dB uitgesplitst.



Figuur 12. Uitsplitsing van totaal aantal extra myocardinfarcten per jaar (links), aantal ernstig gehinderden (midden) en aantal ernstig slaapverstoorden (rechts) door geluid van wegverkeer op rijkswegen over 1 dB klassen.

In de figuur wordt zichtbaar dat relatief hoge geluidsniveaus van rijkswegen een relatief geringe bijdrage leveren aan de totale ziektelast en aan de omvang van ernstige hinder en slaapverstoring.

4.4 Omvang van de effecten van railverkeer

In Tabel 3 wordt het aantal personen vermeld dat door de blootstelling aan geluid afkomstig van railverkeer een bepaald gezondheid- of welzijnseffect ondervindt.

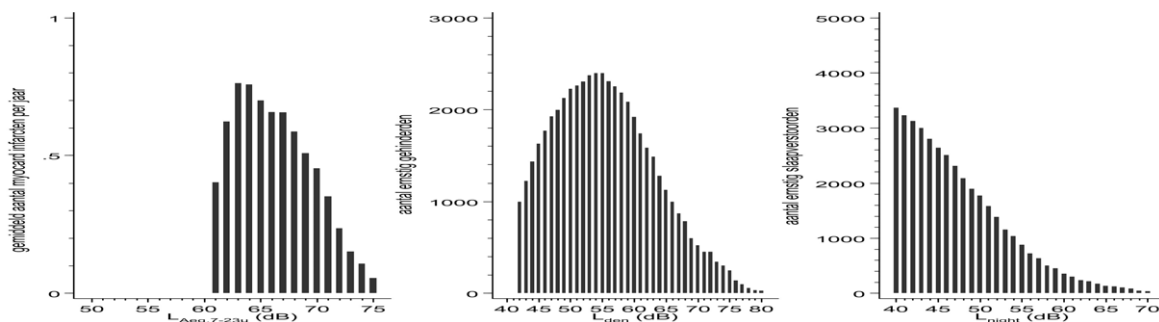
Tabel 3. De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid afkomstig van railverkeer.

Omschrijving effect	Aantal personen		Indicator	B-r-relatie toegepast vanaf
		95%-BI		
Acuut myocardinfarct per jaar ¹⁾	7,1	1,7-13	$L_{Aeq,16u}$	60 dB
Ernstige hinder ^{2,3)}	51.000	33.000-76.000	L_{den}	42 dB
Erge geluidhinder in de slaapkamer ^{3,4)}	150.000	16.000-580.000	L_{night}	45 dB
Ernstige slaapverstoring ^{3,5)}	39.000	19.000-72.000	L_{night}	40 dB
Erge slaapverstoring ^{3,4)}	59.000	2.800-510.000	L_{night}	45 dB
Ten minste 13 slaapproblemen per week ^{3,4)}	23.000	1,3-79.000	L_{night}	45 dB

1) op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%-BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); 2) relatie voor railverkeer afkomstig uit Miedema en Oudshoorn, 2001; 3) onder volwassenen; 4) relatie voor weg- en railverkeer afkomstig uit Passchier-Vermeer et al., 2007; 5) relatie voor railverkeer afkomstig uit Miedema et al., 2002; afkortingen: B-r-relatie = blootstelling-responsrelatie; 95%-BI = 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Het berekend aantal personen per jaar dat een acuut myocardinfarct krijgt door geluid van railverkeer bedraagt 7,1 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 1,7 tot 13. Het aantal mensen dat ernstige hinder ondervindt bedraagt 51.000; het aantal ernstig slaapverstoorden is 39.000.

Ook voor railverkeer is de totale ziektelast uitgesplitst naar de bijdrage van 1 dB geluidsklassen (Figuur 13).



Figuur 13. Uitsplitsing van totaal aantal extra myocardinfarcten per jaar (links), aantal ernstig gehinderden (midden) en aantal ernstig slaapverstoorden (rechts) door geluid van railverkeer over 1 dB klassen.

Ook voor railverkeer komt eenzelfde beeld als bij wegverkeer naar voren, namelijk dat relatief hoge geluidsniveaus een relatief geringe bijdrage leveren aan de omvang.

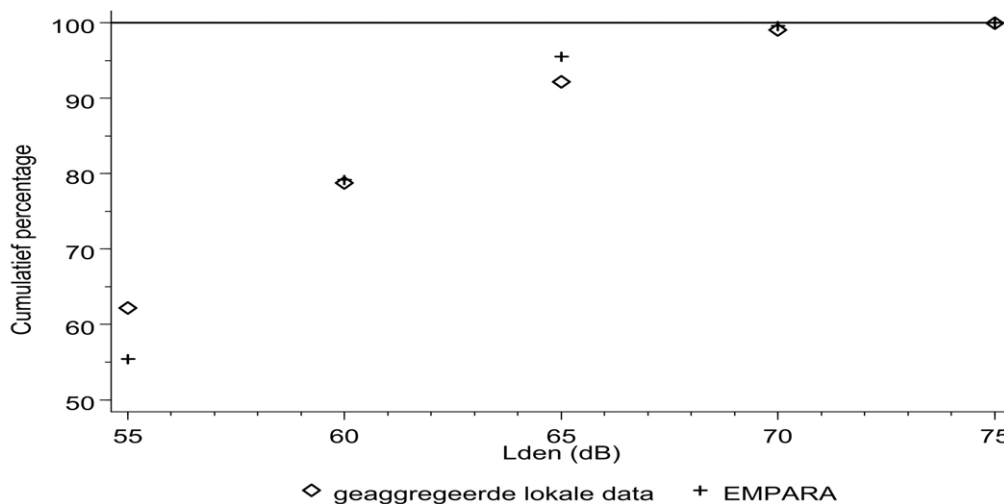
4.5 Gevoeligheidsanalyse

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat bij de uitkomsten van de meta-analyse voor de incidentie van acuut myocardinfarct er een aantal onzekerheden is. Met een gevoeligheidsanalyse kan inzicht worden gegeven in de gevolgen van enkele onzekerheden. In deze rapportage wordt de invloed beschouwd van: 1) de blootstellingsverdeling van geluid, 2) de aanname vanaf welk geluidsniveau de blootstellingsresponsrelatie voor de incidentie van acuut myocardinfarct van toepassing is en 3) de toepassing van resultaten uit verschillende meta-analyses.

4.5.1 Blootstellingsverdeling van geluid

In deze paragraaf wordt allereerst ingegaan op onzekerheid in de blootstellingsverdeling voor geluid van wegverkeer op alle wegen in Nederland en vervolgens op de invloed van de aanname van de omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$, eveneens voor wegverkeer op alle wegen in Nederland.

In het kader van de Europese richtlijn Omgevingslawaai zijn er door zes Nederlandse agglomeraties in 2007 blootstellingsgegevens verzameld en gerapporteerd (www.polka.org). De zes agglomeraties omvatten ongeveer 5 miljoen inwoners. Het MNP heeft de uitkomsten uit het model EMPARA voor deze agglomeraties vergeleken met de gegevens die ter plekke zijn verzameld. Het resultaat is in Figuur 14 weergegeven.



Figuur 14. Vergelijking van de verdeling van L_{den} in de zes geaggregeerde agglomeraties met EMPARA.

De resultaten in Figuur 14 komen redelijk tot goed met elkaar overeen. Het cumulatieve percentage inwoners van deze zes agglomeraties met een geluidsbelasting groter dan 60 dB L_{den} is vrijwel gelijk. De verdeling over de 5 dB-blootstellingsklassen die aan de Europese Commissie worden gerapporteerd

vertonen wel enige verschillen. De uitkomsten van EMPARA resulteren in lagere percentages blootgesteld in de klassen 65-69, 70-74 en groter dan 75 dB. Daarentegen worden de percentages blootgesteld in de klassen 55-59 en 60-64 dB hoger geschat.

Om het effect van deze onzekerheid in kaart te brengen is vanaf 55 dB L_{den} per 5 dB-geluidsklasse de verhouding van het percentage inwoners volgens de lokale data en die volgens EMPARA berekend. Vervolgens zijn deze verhoudingen gebruikt om voor de Nederlandse blootstellingsverdeling volgens EMPARA een alternatieve blootstellingsverdeling (boven de 55 dB L_{den}) te genereren. Deze alternatieve verdeling is weergegeven in Tabel H in de bijlage. Voor deze alternatieve verdeling is vervolgens de jaarlijkse incidentie van acuut myocardinfarct door geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen berekend. De omvang van andere effecten is niet berekend omdat hiervoor ook een alternatieve verdeling onder de 55 dB L_{den} benodigd is. De verschillen tussen de lokale data en EMPARA zijn onder de 55 dB L_{den} niet bekend, omdat de agglomeraties alle boven de 55 dB verplicht zijn te rapporteren. De resultaten zijn, uitgaande van omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ volgens een binnenstedelijke situatie, weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. De invloed van de onzekerheid in het geluidsniveau voor de jaarlijkse incidentie van acuut myocardinfarct door geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen.

Blootstelling-responsrelatie toegepast vanaf:	Omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ volgens binnenstedelijke situatie:			
	Originele verdeling		Alternatieve verdeling	
	Aantal personen ¹⁾	95%-BI	Aantal personen ¹⁾	95%-BI
60 dB	84	21-150	130	32-240

1) op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%-BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); afkortingen: 95%-BI = 95% betrouwbaarheidsinterval.

In de alternatieve blootstellingsverdeling voor Nederland bedraagt het percentage inwoners dat een geluidsbelasting boven de 60 dB $L_{Aeq,16u}$ heeft bijna 10% (Tabel I in bijlage). Op basis van deze alternatieve blootstellingsverdeling voor Nederland zou de jaarlijkse incidentie 130 in plaats van 84 gevallen van acuut myocardinfarct bedragen.

Een andere onzekerheid bij de geluidsverdeling van wegverkeer in Nederland is de omrekening vanuit de L_{den} naar de $L_{Aeq,16u}$ en de L_{night} . In Tabel 5 is de omvang van de effecten weergegeven waarbij voor de omrekening een binnenstedelijke situatie (variant 1) en een situatie rijkswegen (variant 2) is aangenomen.

De onzekerheid in de omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ leidt tot een mogelijke overschatting van het aantal myocardinfarcten. Deze overschatting is echter beperkt. De omvang valt circa 30% lager uit (58 in plaats van 84 extra gevallen) wanneer wordt verondersteld dat de situatie voor rijkswegen voor heel Nederland geldt. Voor de effecten die samenhangen met de L_{night} is er mogelijk sprake van een onderschatting. De omvang van de effecten neemt circa 50% toe wanneer in plaats van een binnenstedelijke een rijkswegsituatie wordt aangenomen. Deze 50% is echter het maximale verschil, omdat deze rijkswegensituatie slechts voor een beperkt woningaandeel opgaat.

Tabel 5. De omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid afkomstig van wegverkeer.

Omschrijving effect	Aantal personen		Indicator	Toegepast vanaf
		95%-BI		
Acuut myocardinfarct per jaar ¹⁾ variant 1 ²⁾ variant 2 ³⁾ ₁	84 58	21-150 14-100	L _{Aeq,16u}	60 dB
Erge geluidhinder in de slaapkamer ^{4,5)} variant 1 ²⁾ variant 2 ³⁾	630.000 1.000.000	69.000-2.500.000 110.000-4.000.000	L _{night}	45 dB
Ernstige slaapverstoring ^{4,6)} variant 1 ²⁾ variant 2 ³⁾	290.000 430.000	180.000-450.000 260.000-650.000	L _{night}	40 dB
Erge slaapverstoring ^{4,5)} variant 1 ²⁾ variant 2 ³⁾	250.000 410.000	12.000-2.200.000 19.000-3.600.000	L _{night}	45 dB
Ten minste 13 slaapproblemen per week ^{4,5)} variant 1 ²⁾ variant 2 ³⁾	86.000 170.000	3,4-310.000 9,5-590.000	L _{night}	45 dB

1) op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%-BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); 2) bij omrekening van L_{den} naar L_{Aeq,16u} en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen; 3) bij omrekening van L_{den} naar L_{Aeq,16u} en L_{night} is situatie rijksweg aangenomen; 4) onder volwassenen; 5) relatie voor weg- en railverkeer afkomstig uit Passchier-Vermeer et al., 2007; 6) relatie voor wegverkeer afkomstig uit Miedema et al., 2002

4.5.2 Geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie wordt toegepast

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat het onzeker is wat de precieze hoogte van het geluidsniveau is vanaf waar de blootstelling-responsrelatie voor de incidentie van myocardinfarct kan worden toegepast. In Tabel 6 wordt de invloed van dit geluidsniveau beschreven voor de omvang van de effecten van wegverkeer op alle wegen en op rijkswegen en voor railverkeer door het geluidsniveau van 60 dB te variëren in 55 en 65 dB.

Tabel 6. De invloed van het geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie wordt toegepast voor de jaarlijkse incidentie van acuut myocardinfarct door geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen, op rijkswegen en van railverkeer.

Blootstelling-responsrelatie toegepast vanaf	Alle wegen ¹⁾		Rijkswegen		Railverkeer	
	Aantal personen ²⁾	95%-BI	Aantal personen ²⁾	95%-BI	Aantal personen ²⁾	95%-BI
55 dB	380	92-680	30	7,2 – 53	27	6,6-49
60 dB	84	21-150	5,6	1,4 – 10	7,1	1,7-13
65 dB	9,6	2,4-17	0,79	0,20 – 1,4	1,5	0,37-2,7

1) bij omrekening van L_{den} naar L_{Aeq,16u} en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen; 2) op basis van resultaat van meta-analyse voor mannen (RR per 5 dB 1,06 [95%BI: 1,01-1,11]). In 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); afkortingen: 95%-BI = 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Uit Tabel 6 blijkt dat het geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie van toepassing wordt verklaard, een aanmerkelijke invloed heeft op de berekening van de omvang van de ziektelast. Passen we de blootstelling-responsrelatie toe vanaf 55 dB in plaats van 60 dB, dan zou de omvang van de ziektelast van wegverkeer op alle wegen toenemen van 84 naar 380 gevallen van myocardinfarct per jaar. Ook voor railverkeer zou de omvang ongeveer een factor 4 toenemen (van 7,1 naar 27 extra gevallen); voor wegverkeer op rijkswegen zou het effect zelfs iets groter zijn. Een verhoging van het geluidsniveau vanaf waar de relatie wordt gebruikt, leidt uiteraard tot een vermindering van de ziektelast (factor 6-8).

4.5.3 Toepassing van resultaten uit verschillende meta-analyses

In hoofdstuk 2 is opgemerkt dat de werkwijze waarop Babisch (2006) en waarop Van Kempen et al. (2002) de blootstelling-responsrelaties afleiden, onderling verschilt. In Tabel 7 wordt het resultaat weergegeven van een vergelijking tussen de toepassing van de resultaten van de meta-analyse van Babisch en die uit het onderhavige rapport.

Tabel 7. Vergelijking van de resultaten voor acuut myocardinfarct van verschillende meta-analyses voor wegverkeergeluid afkomstig van alle wegen.

Vergelijking tussen meta-analyses:	B-r-relatie toegepast vanaf	Aantal personen ⁵⁾	95%-BI
Babisch (2006), studies onder mannen ^{1,2)}	60 dB	130	0 – 550
Babisch (2006), studies onder mannen ^{1,3)}	60 dB	91	-
Dit rapport, hoofdstuk 2, studies onder mannen ¹⁾	60 dB	84	21 – 150
Dit rapport, hoofdstuk 2, studies onder mannen, geen risico bij vrouwen ^{2,4)}	60 dB	53	13 – 94

1) in 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen en vrouwen 28.200 (Feskens et al., 2006); 2) op basis van blootstelling-responsrelatie met 5 dB-blootstellingscategorieën (Babisch, 2006); 3) op basis van blootstelling-responsrelatie gefit met polynomen (Babisch, 2006) daarvoor is geen 95%-betrouwbaarheidsinterval beschikbaar; Afkortingen: B-r-relatie = blootstelling-responsrelatie; 95%-BI = 95%-betrouwbaarheidsinterval; 4) in 2003 bedroeg in Nederland de incidentie van acute hartinfarcten onder mannen 17.700; 5) bij omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen.

Uit de resultaten van deze gevoeligheidsanalyse blijkt dat het verschil in werkwijze tot een omvang van de ziektelast kan leiden die circa 37% lager tot 55% hoger kan uitvallen (53 tot 130 ten opzichte van 84 gevallen van acuut myocardinfarct per jaar).

5 Samenvatting en discussie

In deze rapportage is de omvang van de gezondheid- en welzijnseffecten van de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer berekend. Daarbij zijn verschillende eindpunten meegenomen: ernstige hinder, effecten op de slaap en acuut myocardinfarct. Voor het bepalen van de omvang van deze effecten zijn blootstellingsgegevens en blootstelling-responsrelaties gebruikt. Om het aantal ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden te berekenen is gebruikgemaakt van de in de literatuur bekende blootstelling-responsrelaties; voor een inschatting van het aantal myocardinfarcten is een meta-analyse verricht. In dit hoofdstuk zal voor elk eindpunt de omvang van het gezondheidseffect worden bediscussieerd.

5.1 Myocardinfarct

5.1.1 Omvang effecten

Blootstelling aan geluid afkomstig van wegverkeer hangt samen met een verhoogd risico op acuut myocardinfarct. Berekend is dat in Nederland per jaar circa 84 gevallen van acuut myocardinfarct gerelateerd zijn aan de geluidsblootstelling door wegverkeer. Dit is circa 0,30% van het aantal acute myocardinfarcten dat jaarlijks in Nederland optreedt. In een gevoeligheidsanalyse op basis van een vergelijking van de geluidsbelasting in zes Nederlandse agglomeraties, liep dit aantal op tot maximaal 130 gevallen van acuut myocardinfarct per jaar (0,47% van het totaal aantal gevallen in Nederland).

Op verzoek van MNP is tevens aandacht besteed aan het effect van geluid afkomstig van wegverkeer op rijkswegen en dat van railverkeer. Beide bronnen leiden tot een vergelijkbaar aantal gevallen van acuut myocardinfarct per jaar (respectievelijk 5,6 en 7,1). Uit deze omvang blijkt dat het wegverkeer op rijkswegen minder dan 10% bijdraagt aan de totale ziektelast door geluid van wegverkeer in Nederland.

5.1.2 Vergelijking met eerdere schattingen van de omvang van myocardinfarcten door geluid in Europa en Nederland

In een artikel in de New Scientist van 25 augustus 2007 zijn resultaten gemeld van de omvang van effecten van geluid in Europa (Coghlan, 2007). In dit artikel werd aangegeven dat 3% van de hartaandoeningen in Europa gerelateerd is aan de geluidsblootstelling van wegverkeer. Dit aandeel zou het voorlopige resultaat zijn van het WHO-project 'Noise Environmental Burden of Disease'. De rapportage van dit WHO-project is inmiddels uitgesteld tot december 2008.

De 3% is waarschijnlijk afkomstig uit de publicatie van Babisch (2006). Babisch berekende voor Duitsland het aantal acute myocardinfarcten gerelateerd aan wegverkeergeluid op 4.300 per jaar. Dit is 3,2% van het aantal myocardinfarcten in Duitsland. Dit percentage omvang is aanmerkelijk groter dan de resultaten in dit rapport voor Nederland (0,30%). Een belangrijke oorzaak van dit verschil is dat meer dan 30% van de Duitse populatie aan geluidsniveaus van 61 dB $L_{Aeq,6-22u}$ of meer is blootgesteld. Het landelijke model EMPARA schat dit percentage voor Nederland op (maximaal) 10%.

Op dit moment is niet duidelijk waarom de blootstellingsverdelingen van de $L_{Aeq,16u}$ in Duitsland en in Nederland onderling zo sterk verschillen. De blootstellingsverdeling voor Duitsland is gebaseerd op een probabilistisch model dat de geluidsbelasting in de voormalige West-Duitse deelstaten berekende. Het is niet duidelijk of deze specifieke blootstellingsverdeling een goede indicatie is voor de blootstelling in geheel Europa. Inmiddels komen, in het kader van de implementatie van de Europese Richtlijn Omgevingslawaai, geluidskarten voor grote stedelijke gebieden en belangrijke wegen en spoorwegen in Europa ter beschikking, zodat vergelijkingen tussen lokaal verkregen resultaten en de uitkomsten

van landelijke modellen ook elders mogelijk worden. Mogelijk leidt dit tot een beter inzicht welke blootstellingsverdeling voor geheel Europa kan worden gehanteerd.

Van Kempen et al. (2001) berekenden eerder de ziektelast in de Nederlandse populatie door blootstelling aan geluid. De *prevalentie* onder mannen van acuut myocardinfarct bedroeg circa 2.000 gevallen voor geluid afkomstig van binnenstedelijk wegverkeer. Er is een groot verschil in de gerapporteerde aantallen acuut myocardinfarcten tussen Van Kempen et al. (2001) en deze onderliggende rapportage. Echter, het gaat hier dan wel om hetzelfde eindpunt (acuut myocardinfarct), maar de epidemiologische begrippen *prevalentie* (bestaande gevallen) en *incidentie* (de nieuwe gevallen, in dit specifieke geval: per jaar) hebben niet dezelfde betekenis. Het aantal mensen dat ooit een hartinfarct heeft gehad bedroeg in 2000 circa 280.000 (Feskens et al., 2006) en is daarmee ongeveer een factor 10 hoger dan de *incidentie* van acute hartinfarcten per jaar. Verder is destijds de blootstelling-responsrelatie vanaf 51 dB van toepassing verklaard, terwijl in onderhavige rapportage de relatie vanaf 60 dB is toegepast.

Knol en Staatsen (2005) maakten een ruwe schatting van de ziektelast in Nederland van een aantal milieufactoren over de periode 1980-2020. Voor geluid werd op basis van de relatie tussen vliegtuiggeluid en de prevalentie van hypertensie en de relatie tussen hypertensie en mortaliteit, de cardiovasculaire mortaliteit, samenhangend met de geluidsblootstelling afkomstig van weg-, vlieg- en railverkeer, berekend. Berekend werd dat in 2000 door deze bronnen mogelijk circa 600 mensen door aan geluid gerelateerde cardiovasculaire aandoeningen zijn overleden. De Hollander (2004) berekende de ziektelast van geluid op drie verschillende manieren. De drie uitkomsten lagen in dezelfde orde van grootte als die van Knol en Staatsen (2005). De omvang in deze onderliggende rapportage is lager dan de omvang van Knol en Staatsen en die van De Hollander. Knol en Staatsen en De Hollander gebruikten in hun onderzoek informatie uit dwarsdoorsnede-onderzoeken. Case-controle- en follow-upstudies – die leiden tot schattingen van de incidentie – hebben over het algemeen een beter onderzoeksontwerp dan dwarsdoorsnede-onderzoeken waarmee prevalenties kunnen worden geschat. Zodoende zijn de schattingen in dit rapport, waarin nieuwe onderzoeksresultaten zijn verwerkt, meer betrouwbaar dan de schattingen die in het verleden met de toen beschikbare informatie zijn gemaakt.

In februari 2008 is de omvang van gezondheidseffecten van geluid van weg- en railverkeer in Europa gerapporteerd in het kader van een studie naar vermindering van geluid van transport (Den Boer en Schroten, 2007). Voor de EU25 (de EU27 minus Cyprus en Malta) werd geschat dat in 2000 circa 130 miljoen inwoners (circa. 27%) aan geluidsniveaus van wegverkeer en circa 20 miljoen inwoners (circa 4%) aan geluidsniveaus van railverkeer boven de 60 dB waren blootgesteld. De kans op een fataal myocardinfarct werd afgeleid uit andere rapportages (Babisch, 2006; Knol en Staatsen, 2005 en een Deense studie). Overigens werd hierbij geen rekening gehouden met het gegeven dat in de rapportages van Babisch en die van Knol en Staatsen naar andere eindpunten dan een fataal myocardinfarct is gekeken. De geluidsblootstelling in de EU25 zou leiden tot ongeveer 50.000 inwoners met een fataal myocardinfarct per jaar. Op een vergelijkbare wijze wordt het aantal gevallen met ischemische hartziekten berekend: 245.000 gevallen per jaar. Wanneer we het aantal myocardinfarcten omrekenen van de EU25 naar de Nederlandse situatie (evenredig aan inwonersaantallen) zouden we volgens de gehanteerde berekeningswijze in Nederland op circa 1.700 myocard gevallen per jaar uitkomen, circa een factor 20 hoger dan de omvang die in deze rapportage is berekend. De belangrijkste verklaringen voor deze uiteenlopende cijfers zijn de verschillen in de toegepaste blootstellingsverdelingen voor geluid (circa factor 4: 30% van de populatie ‘at risk’ in EU25 tegenover maximaal 10% in Nederland) en in de toegepaste blootstelling-responsrelatie (factor 2 à 3). Verder valt de gemiddelde blootstelling in Europa voor alleen die inwoners die boven de 60 dB zijn blootgesteld, hoger uit dan in Nederland het geval is. Dit leidt eveneens tot een (relatieve) toename van de ziektelast. De gerapporteerde informatie over de EU25 heeft zodoende weinig zeggingskracht over de specifiek Nederlandse situatie.

5.1.3 Onzekerheden

Geluidsniveau vanaf waar de relatie wordt toegepast

Berekend wordt dat in Nederland per jaar circa 84 gevallen van acuut myocardinfarct gerelateerd zijn aan de geluidsblootstelling door wegverkeer. Bij de berekening is aangenomen dat de blootstelling-responsrelatie vanaf 60 dB $L_{Aeq,16u}$ kan worden toegepast. De keuze voor 60 dB wordt ingegeven doordat in de meeste studies die gebruikt zijn in de meta-analyse (Berlijn-studies en de NaRoMi-studie) ‘minder dan 60 dB’ als referentiegroep is gedefinieerd (Babisch et al., 2005, 1994). In de Caerphilly&Speedwell'-studie is de referentiegroep 50-55 dB (Babisch et al., 1999); het resultaat van deze studie draagt weinig bij aan de overall uitkomst van de meta-analyse. Zou worden verondersteld dat de blootstelling-responsrelatie vanaf 55 dB kan worden gebruikt, dan bedraagt de omvang van het aantal myocardinfarcten gerelateerd aan wegverkeergeluid circa 380 per jaar (1,3% van totaal aantal myocardinfarcten). Bij toepassing vanaf een geluidsniveau van 65 dB, de effectdrempel die de WHO in 1999 noemde (Berglund et al., 1999) is het aantal acute myocardinfarcten circa tien per jaar (0,04%). Uit deze resultaten blijkt dat het geluidsniveau, vanaf waar de blootstelling-responsrelatie van toepassing wordt verklaard, een aanmerkelijke invloed heeft op de omvang van de ziektelast. Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 kan op basis van de resultaten uit diverse onderzoeken naar de samenhang tussen geluid en myocardinfarct geen uitspraak gedaan worden over de precieze hoogte vanaf waar de relatie kan worden toegepast.

De invloed van het toepassen van verschillende werkwijzen op omvang myocardinfarct

In hoofdstuk 2 is opgemerkt dat de werkwijze waarop Babisch (2006) en waarop Van Kempen et al. (2002) de blootstelling-responsrelaties afleiden, onderling verschilt. Uit de resultaten van een gevoeligheidsanalyse naar de toepassing van resultaten uit verschillende meta-analyses (Tabel 3) blijkt dat de verschillende werkwijzen tot vergelijkbare omvang van de ziektelast leiden, mits het geluidsniveau overeenkomt vanaf waar de relatie van toepassing wordt verklaard. In dit rapport is ervoor gekozen de blootstelling-responsrelatie die betrekking heeft op mannen te gebruiken, omdat vrijwel al het onderzoek alleen onder mannen heeft plaatsgevonden. Deze relatie is statistisch significant. De relatie is toegepast op zowel het mannelijk als het vrouwelijk deel van de Nederlandse bevolking, omdat er geen voor de hand liggende redenen zijn om te veronderstellen dat de blootstelling-responsrelatie tussen mannen en vrouwen zou verschillen. Wanneer wordt aangenomen dat vrouwen geen extra risico lopen, leidt dit tot een omvang die circa 35% lager ligt (zie Tabel 7).

De invloed van de onzekerheid van de blootstellingsverdeling in Nederland

In het kader van de Europese richtlijn Omgevingslawaai zijn er door zes Nederlandse agglomeraties blootstellingsverdelingen boven de 55 dB L_{den} gerapporteerd. Het MNP heeft de uitkomsten uit het model EMPARA voor de zes agglomeraties vergeleken. De uitkomsten vertonen een redelijke overeenkomst. Het aantal mensen met een geluidsbelasting groter dan 60 dB L_{den} is vrijwel gelijk.

Om een inschatting te kunnen maken van gevolgen van de onzekerheid in blootstellingsverdeling in Nederland (zonder de verschillen te willen verklaren) is de landelijke verdeling van EMPARA ‘aangepast’ aan de blootstellingsverdeling in de zes agglomeraties. Deze aanpassing leidt tot een toename van het extra aantal gevallen van myocardinfarct per jaar van 84 naar 130 (circa 1,5 maal zoveel). Het populatie attributieve percentage loopt dan op van 0,30% naar 0,47%.

Extra onzekerheid in de omvang van de ziektelast wordt geïntroduceerd door de omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$. Als uitgangspunt is de omrekening voor binnenstedelijke situaties genomen, omdat dit voor de meeste woningen in Nederland geldt. Wanneer voor alle woningen de omrekening voor de situatie voor rijkswegen wordt gebruikt, valt de omvang van de ziektelast circa 30% lager uit (58 in plaats van 84 gevallen per jaar; 0,21% in plaats van 0,30% van aantal myocardinfarcten). Deze 30% is echter het maximale effect, omdat in de praktijk slechts een beperkt aandeel van de Nederlandse woningen door geluid van rijkswegen wordt belast. De geïntroduceerde onzekerheid kan eenvoudig wor-

den verkleind wanneer gegevens over de geluidsbelasting van afzonderlijke geluidsbronnen per woonadres ter beschikking komen.

Invloed van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging op de omvang van myocardinfarcten

Er zijn aanwijzingen dat blootstelling aan luchtverontreiniging van wegverkeer samenhangt met het optreden van myocardinfarct (Grazuleviciene et al., 2004 en Rosenlund et al., 2006), zodat er voor myocardinfarct mogelijk sprake is van een overschatting van de ziektelast als gevolg van blootstelling aan geluid van wegverkeer. Deze overschatting is nu nog niet te kwantificeren. Medio 2008 startte in Europa een vierjarig onderzoek waarin in verschillende cohorten gekeken wordt naar de relatie tussen luchtverontreiniging en het risico op ondermeer hart- en vaataandoeningen. Daarbij wordt eveneens rekening gehouden met de blootstelling aan wegverkeergeluid. Ook in nationale studies krijgt de gecombineerde blootstelling aan luchtverontreiniging en geluid steeds meer aandacht (bijvoorbeeld Kluizenaar et al., 2007; Beelen et al., 2008). De verwachting is dan ook dat de komende jaren er meer duidelijkheid zal komen over de (afzonderlijke) bijdrage van de beide blootstellingen aan de ziektelast aan hart- en vaataandoeningen.

Invloed van de keuze van de hart- en vaataandoening

Deze rapportage beperkt zich tot de omvang van het aantal myocardinfarcten per jaar dat met weg- of railverkeergeluid samenhangt. Zoals in paragraaf 2.6 al werd aangehaald, kan niet worden uitgesloten dat ook de ziektelast van andere cardiovasculaire aandoeningen mede door geluid wordt veroorzaakt, zodat de resultaten in deze rapportage waarschijnlijk niet de volledige ziektelast door wegverkeergeluid reflecteren.

Het stressmechanisme dat ten grondslag ligt aan het effect van geluid op hart- en vaatziekten is niet exclusief voor een acuut myocardinfarct. Het mechanisme zou ook kunnen leiden tot een verhoogd risico op angina pectoris en andere ischemische hartziekten. In epidemiologisch onderzoek is acuut myocardinfarct het meest onderzocht, ondermeer omdat de kans op misclassificatie van de aandoeningen kleiner is dan voor ischemische hartziekten. Overigens wordt in de meta-analyse geen verhoging voor het risico op angina pectoris gevonden (hoofdstuk 2).

De incidentie voor coronaire hartziekten (acuut infarct, angina pectoris en/of andere/chronische ischemische hartziekten) bedroeg in 2003 68.000 gevallen, circa 2-2,5 keer groter dan alleen de incidentie aan acuut myocardinfarct. Wanneer de blootstelling-responsrelatie voor acuut myocardinfarct zou worden toegepast op de incidentie van coronaire hartziekten, dan zou de omvang van de ziektelast een factor 2 tot 2,5 hoger uitvallen. De populatie attributieve fractie voor coronaire hartziekten zou overigens gelijk zijn aan die van acuut myocardinfarct.

5.1.4 Conclusie

Uit deze opsomming blijkt dat de berekening van 84 myocardinfarcten per jaar die gerelateerd zijn aan de blootstelling van geluid aan wegverkeer grote onzekerheden kent:

- De belangrijkste onzekerheid is de aanname over het geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie wordt toegepast. Wanneer aangenomen wordt dat het effect vanaf 55 dB kan optreden, neemt het aantal met 350% toe..
- Het gebruikte geluidsmodel (EMPARA) geeft een blootstellingsverdeling voor heel Nederland. Het model onderschat mogelijk de blootstelling boven de 65 dB L_{den} ; dit kan leiden tot een onderschatting van de ziektelast met circa 50%..
- Bij de omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ is voor heel Nederland uitgegaan van een binnenstedelijke situatie. Dit leidt tot een (maximale) overschatting van de ziektelast met 30%..
- Verschillen in de wijze waarop de blootstelling-responsrelatie wordt afgeleid en hoe de berekeningen worden geïmplementeerd, kunnen leiden tot verschillen variërend tussen de -35% (alleen risico bij mannen) en +50% (risico per 5 dB-categorieën).

Nieuwe resultaten uit grote cohortonderzoeken zijn nodig om het verloop van de blootstelling-responsrelatie onder de 60 dB $L_{Aeq,16u}$ beter te kunnen beschrijven. Mogelijk zullen nieuwe resultaten ook meer inzicht geven in de mogelijke bijdrage van luchtverontreiniging van wegverkeer aan de incidentie van myocardinfarct. Het is de verwachting dat de komende jaren de harmonisatie van geluidsmodellering (ingegeven door Europese regelgeving voor omgevingsgeluid) geleidelijk zal leiden tot een vermindering in de onzekerheden in de blootstellingsverdeling voor geluid in Nederland en in Europa.

5.2 Ernstige hinder

5.2.1 Omvang effecten

In deze rapportage is het percentage ernstig gehinderden door geluid van wegverkeer berekend door de blootstellingsverdelingen van de Nederlandse bevolking te combineren met een blootstelling-responsrelatie die is afgeleid door Miedema en Oudshoorn (2001). Het aantal ernstig gehinderden door wegverkeergeluid in Nederland wordt op deze wijze onder volwassenen geschat op 640.000 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 480.000 tot 830.000. Het aantal mensen dat ernstige hinder in de slaapkamer ondervindt is gebaseerd op een blootstelling-responsrelatie voor weg- en railverkeer afgeleid in een recent onderzoek van Passchier-Vermeer et al. (2007) en bedraagt 630.000. Het betrouwbaarheidsinterval is wel veel groter (69.000 tot 2,5 miljoen) dan die van ernstige hinder, omdat door de aard van het onderzoek het maar bij een beperkt aantal deelnemers en locaties kon worden uitgevoerd. Tussen de omvang van het aantal ernstige gehinderden en het aantal mensen dat ernstige hinder in de slaapkamer ondervindt zit, gezien de vraagstelling, zeer waarschijnlijk een grote overlap. De aantallen ernstig gehinderden kunnen zodoende niet worden opgeteld.

Wegverkeer van rijkswegen leidt tot 170.000 ernstig gehinderden: dit is circa een kwart van het totaal aantal gehinderden door wegverkeer in Nederland. Het aandeel van de rijkswegen is in de omvang van de ernstige hinder groter dan voor het aantal myocardinfarcten (<10%) omdat ernstige hinder ook bij lagere geluidsniveaus optreedt.

5.2.2 Vergelijking ernstige hinder met cijfers in Nederland

Het aantal ernstig gehinderden kan ook bepaald worden met behulp van surveys. In 1977, 1987, 1993, 1998 en 2003 hebben TNO en RIVM dergelijk onderzoek – de Hinderinventarisatie – uitgevoerd. Het belangrijkste doel van deze herhaalde metingen is het monitoren van de landelijke verspreiding en ernst van verstoringen in termen van hinder en slaapverstoring inclusief de trend in de tijd (Franssen et al., 2004). Op basis van de resultaten van de Hinderinventarisatie in 2003 is geschat dat in Nederland 29% van de mensen van 16 jaar en ouder ernstig is gehinderd door ten minste één bron van wegverkeer; dit percentage is de afgelopen 20 jaar tamelijk consistent. Het is echter ongeveer zes maal zo hoog als het percentage dat wordt weergegeven in Tabel 8 (640.000 ernstig gehinderden wat overeenkomt met 5,1% van de Nederlandse volwassen bevolking). Een oorzaak van dit grote verschil is dat het percentage ernstige hinder geschat met de Hinderinventarisatie is gebaseerd op de hinder veroorzaakt door acht afzonderlijke bronnen van wegverkeer. Wanneer een respondent op ten minste één van de acht bronnen aangeeft ernstig te zijn gehinderd, wordt hij of zij aangeduid als zijnde ernstig gehinderd door wegverkeer. Uit de Hinderinventarisatie bleek het geluid van bromfietsen, gevolgd door dat van crossmotoren/motorfietsen tot de meeste ernstige hinder te leiden (19 en 11%). De blootstelling-responsrelatie die is afgeleid door Miedema en Oudshoorn (2001) is gebaseerd op studies waarbinnen alleen gekeken is naar de hinder veroorzaakt door autoverkeer en niet door andere bronnen van verkeer op de weg. Ook

bij de modellering van het geluidsniveau wordt alleen autoverkeer meegenomen. Wordt bij berekening van het percentage hinder het aantal wegverkeerbronnen uit de Hinderinventarisatie beperkt tot auto's, taxi's, bestelwagens en vrachtauto's, dan was het percentage ernstige hinder in Nederland door wegverkeer in 2003 13% (95%-betrouwbaarheidsinterval: 12 tot 15%). Een tweede mogelijke oorzaak voor het verschil is dat bij de toepassing van de blootstelling-responsrelatie wordt verondersteld dat onder 42 dB L_{den} geen ernstige hinder meer optreedt. Niet kan worden uitgesloten dat beneden dit geluidsniveau toch sprake kan zijn van (een gering percentage) ernstige hinder. Overigens kan deze oorzaak slechts in beperkte mate het verschil in percentages verklaren, omdat het aantal mensen woonachtig bij een geluidsniveau onder de 42 dB L_{den} gering is (zie Tabel 2).

In de Hinderinventarisatie is ook per wegtype het percentage ernstige hinder vastgesteld. Verkeer van een weg met een snelheidsbeperking van 100-120 km/uur leidde in 2003 tot 1,6% ernstig gehinderden (95%-betrouwbaarheidsinterval 1,1-2,1%). Ervan uitgaande dat dit type weg uitsluitend rijkswegen zijn, komt dit percentage redelijk goed overeen met de 170.000 ernstig gehinderden onder volwassenen door wegverkeer op rijkswegen uit Tabel 4 (1,3% met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 0,9-1,8%).

Uit de Hinderinventarisatie bleek 1,4% van de Nederlandse bevolking van 16 jaar en ouder ernstig gehinderd te zijn door railverkeer (95%-betrouwbaarheidsinterval 0,9-1,8%). Dit percentage valt hoger uit dan de berekeningen in deze rapportage 0,4% (51.000 volwassenen ernstig gehinderd gebaseerd op blootstelling-responsrelatie van Miedema en Oudshoorn, 2001). De omvang van het aantal ernstig gehinderden door geluid van railverkeer op basis van de blootstelling-responsrelatie van Passchier-Vermeer et al. (2007) valt wat hoger uit. Dit kan worden verklaard doordat deze relatie op basis van de blootstelling aan weg- of railverkeer is vastgesteld.

5.3 Ernstige slaapverstoring

5.3.1 Omvang effecten

Het aantal ernstig slaapverstoorden door geluid van wegverkeer is 290.000 (2,3 % met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 1,4 tot 3,5%). Deze omvang is gebaseerd op een blootstelling-responsrelatie die is afgeleid door Miedema et al. (2002). De blootstelling-responsrelatie voor 'erge slaapverstoring door wegverkeer' (Passchier-Vermeer et al., 2007) komt goed overeen met die voor ernstige slaapverstoring (Miedema et al., 2002); de resultaten van de berekeningen komen zodoende ook goed overeen (290.000 versus 250.000). Zoals eerder aangegeven, zijn de betrouwbaarheidsintervallen gebaseerd op de resultaten van dit recente Nederlandse onderzoek echter relatief groot (12 duizend tot 2,2 miljoen). Ook kunnen de resultaten van beide schattingen niet worden opgeteld door de overeenkomst in vraagstellingen.

Voor railverkeer variëren de schattingen gebaseerd op de blootstelling-responsrelaties van Miedema et al. (2002) en Passchier-Vermeer et al. (2007) tussen de 39.000 en 59.000 (0,3 en 0,5% van Nederlandse volwassen bevolking).

5.3.2 Vergelijking ernstige slaapverstoring met cijfers in Nederland

In de Hinderinventarisatie bedroeg de ernstige slaapverstoring door auto's, taxi's, bestelwagens en vrachtwagens 6,1% (met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 5,0-7,1%) en voor railverkeer was dit 1,1 (95%-betrouwbaarheidsinterval van 0,6-1,5%). Voor slaapverstoring werd geen uitsplitsing gemaakt naar wegtype.

De verschillen tussen de resultaten van de Hinderinventarisatie en de uitkomsten van de effectenschattingen op basis van blootstelling-responsrelaties bedragen zowel voor ernstige hinder als voor ernstige

slaapverstoring een factor 2 tot 3, na correctie voor het type wegverkeer dat in beschouwing wordt genomen. Het verdient aanbeveling een volgende Hinderinventarisatie zodanig in te richten dat de resultaten tevens kunnen worden gebruikt om bestaande blootstelling-responsrelaties voor hinder en slaapverstoring te valideren en/of te verbeteren.

6 Conclusies

In dit rapport wordt inzicht gegeven in de relaties tussen blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer en hart- en vaataandoeningen en is de omvang van de gezondheid- en welzijnseffecten van de blootstelling aan geluid van deze bronnen berekend. Op verzoek van het MNP zijn de gevolgen van de blootstelling aan geluid door wegverkeer op rijkswegen er apart uitgelicht. De belangrijkste conclusies zijn:

- Een update van een eerder uitgevoerde meta-analyse heeft tot bijstelling geleid van blootstelling-responsrelaties voor geluid en cardiovasculaire aandoeningen. Van de afgeleide blootstelling-responsrelaties is de relatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van myocardinfarct bij mannen het meest geschikt om toe te passen bij het berekenen van de omvang van de ziektelast aan cardiovasculaire aandoeningen door geluid.
- De incidentie van myocardinfarct in Nederland door geluid van wegverkeer bedraagt circa 84 gevallen per jaar. Dit is circa 0,30% van het aantal acute myocardinfarcten dat jaarlijks in Nederland optreedt. Dit percentage is aanmerkelijk lager dan voor Europa wordt aangegeven (3%) mede door de gunstiger blootstellingsverdeling. De blootstelling-responsrelatie is vanaf een geluidsniveau van 60 dB gedurende de dag en de avond ($L_{Aeq,16h}$) toegepast in navolging van een recent gepubliceerde meta-analyse. De omvang van de ziektelast aan cardiovasculaire aandoeningen wordt aanmerkelijk beïnvloed door het geluidsniveau vanaf waar de blootstelling-responsrelatie wordt toegepast. Bij toepassing vanaf een geluidsniveau van 55 dB zou de incidentie van myocardinfarct circa 380 gevallen per jaar bedragen (1,3% van het totaal aantal acute myocardinfarcten).
- Het geluid van wegverkeer op rijkswegen draagt in beperkte mate bij aan de totale omvang van het aantal myocardinfarcten. De bijdrage van geluid van wegverkeer op rijkswegen wordt geschat op circa 6 van de 84 gevallen van myocardinfarct per jaar. Geluid van railverkeer veroorzaakt een vergelijkbare omvang (circa 7 gevallen per jaar).
- Het aantal ernstig gehinderden door geluid van wegverkeer in Nederland bedraagt 640.000 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 480.000 tot 830.000; het aantal ernstig slaapverstoorden bedraagt 290.000 met een 95%-betrouwbaarheidsinterval van 180.000 tot 450.000.
- De blootstelling aan geluid afkomstig van wegverkeer op snelwegen leidt tot 170.000 ernstig gehinderden en 100.000 ernstig slaapverstoorden. Voor geluid afkomstig van railverkeer is dat 51.000 ernstig gehinderden en 39.000 ernstig slaapverstoorden.

Referenties

- Babisch W, (2006). Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies. Dose-effect curve and risk estimation. Umweltbundesamt. *WaBoLu-Hefte*. 01/06.
- Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H (2005). Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*. 16(1): 33-40.
- Babisch W, Ising H, Gallacher JEJ (2003). Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischemic heart disease. *Occupational and Environmental Medicine*. 60: 739-45.
- Babisch W, Ising H, Gallacher JEJ, Sweetnam PM, Elwood PC (1999). Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies. Third phase-10-year follow up. *Archives of Environmental Health*. 54(3): 210-16.
- Babisch W, Ising H, Kruppa B, Wiens D (1994). The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise. The Berlin case-control studies. *Environment International*. 20(4): 469-74.
- Babisch W, Ising H, Elwood PC, Sharp DS, Bainton D (1993). Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly and Speedwell studies, second phase. Risk estimation, prevalence, and incidence of ischemic heart disease. *Archives of Environmental Health*. 48: 406-13.
- Babisch W, Ising H, Kruppa B, Wiens D (1992). Verkehrslärm und Herzinfarkt. Ergebnisse zweier Fall-Kontroll-Studien in Berlin.. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes. *WaBoLu-Hefte*. 2/1992.
- Babisch W, Ising H, Gallacher JEJ, Elwood PC (1988). Traffic noise and cardiovascular risk. The Caerphilly study, first phase. Outdoor noise levels and risk factors. *Archives of Environmental Health*. 43(6): 407-14.
- Beelen R et al. (2008) The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. In: *Beelen R. Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on mortality and lung cancer*. Utrecht: Thesis Universiteit Utrecht.
- Berglund B, Lindvall T, Schwela DH (eds.) (1999). *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organisation.
- Björk J, Ardö J, Stroh E, Lökvist H, Östergen PO, Albin M (2006). Road traffic noise in southern Sweden and its relation to annoyance, disturbance of daily activities and health. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 32(5): 392-401.
- Bluhm G, Berglund N, Nordling E, Rosenlund M (2007). Road traffic noise and hypertension. *Occupational and Environmental Medicine*. 64: 122-6.
- Bluhm G (2006). Community noise and hypertension. *Proceedings of Euronoise 2006*. Finland: Tampere.
- Bluhm G, Nordling E, Berglund N (2001). Increased prevalence of hypertension in a population exposed to road traffic noise. *The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. The Hague, The Netherlands, 2001 August 27-30.
- Bluhm G, Lindqvist M, Pershagen G (2000). Road traffic noise exposure and myocardial infarction. *Proceedings of ICBEN*. Australia: Sydney.
- Boer LC den, Schrotten A (2007). *Traffic noise reduction in Europe*. Delft: CE Delft.
- Brederode NE van (1988). Environmental noise and cardiovascular disease. In: Altena K, Biesiot W, Brederode NE van et al (eds). *Environmental noise and health. Description of data, models, methods and results*. The Hague: Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Report no. GA-DR-03-01. p.7.1-7.61
- The Caerphilly and Speedwell Collaborative Group (1984). Caerphilly and Speedwell collaborative heart diseases studies. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 38:259-62.

- Cohen S, Glass DC, Singer JE (1973). Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children. *Journal of Experimental Social Psychology*. 9: 407-22.
- Coghlan A (2007). Dying for some peace and quiet. *The New Scientist* 195 (2618): 6-9.
- Dassen AGM, Jabben J, Janssen PHM (2001). *Uitbouw en optimalisatie van het Landelijk Beeld Verstoring. Partiele validatie en gevoeligheidsanalyse*. Bilthoven: RIVM. Rapportnummer 725401001.
- Eiff AW von, Neus H, Friedrich G, Langewitz W, Rüdell H, Schirmer G, Schulte W, Thönes M et al. (1981). *Feststellung der erheblichen Belästigung durch Verkehrslärm mit Mitteln der Streßforschung (Bonner Verkehrslärmstudie)*. Umweltforschungsplan des Bundesminister des Innern, Lärmbekämpfung, Forschungsberichts. Nr. 81-10501303. Berlin: Umweltbundesamt.
- Eiff AW von, Neus H (1980). Verkehrslärm und Hypertonie-Risiko. 1. Mitteilung: Verkehrslärm und Hypertonie-Risiko. *Münch. Med. Wschr.* 123: 420-4.
- European Communities (2002). *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 92-894-3894-0.
- Feskens EJM, Merry AHH, Deckers JW, Poos MJJC (2006). Coronaire hartziekten. Omvang van het probleem. Hoe vaak komen coronaire hartziekten voor en hoeveel mensen sterven eraan? In: *Nationaal Kompas Volksgezondheid* (www.nationaalkompas.nl), 19 juni 2006
- Franssen EAM, Dongen JEF van, Ruysbroek JMH, Vos H, Stellato R (2004). *Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland. Inventarisatie Verstoringen 2003*. Bilthoven: RIVM. Rapportnummer 815120001.
- Gezondheidsraad (2004). *Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid*. Den Haag: Gezondheidsraad. Publicatie nr 2004/14.
- Grazuleviciene R, Maroziene L, Dulskiene V, Malinauskiene V, Azaraviciene A, Laurinaviciene D, Jankauskiene K (2004). Exposure to urban nitrogen dioxide pollution and the risk of myocardial infarction. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 30(4): 293-8.
- Hollander, AEM de (2004). *Assessing and evaluating the health impacts of environmental exposures. "Deaths, DALYs or Dollars?"* Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, et al. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports. The HYENA Study. *Environmental Health Perspectives*. 116(3): 329-33.
- Jarup L, Dudley ML, Babisch W, Houthuijs D, Swart W, et al. (2005). Hypertension and exposure to noise near airports (HYENA): Study design and noise exposure assessment. *Environmental Health Perspectives*. 113(11): 1473-8.
- Hygge S (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*. 17(8): 895-914.
- Hygge (1997). The effects of different noise sources and sound levels on long-term memory in children 12-14 years. In: Schick A, Klatt M (eds). *Contributions to psychological acoustics. Results of the Seventh Oldenburg Symposium on psychological acoustics*. Oldenburg: Germany. Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg. 483-501.
- Kageyama T, Kabuto M, Nitta H, Kurakawa Y, Taira K, Suzuki S, et al. (1997). A population study on risk factors for insomnia among adult Japanese Women: a possible effect of road traffic volume. *Sleep*. 20(11): 963-71.
- Kawada T, Yosiaki S, Yasuo K, Suzuki S (2003). Population study on the prevalence of insomnia and insomnia-related factors among Japanese women. *Sleep Medicine*. 4: 563-7.
- Kempen EEMM van, Ameling CA, Hoogenveen RT, Staatsen BAM, Hollander AEM de (2001). *De potentiële ziektelast toe te schrijven aan de geluidblootstelling in Nederland. Kwantitatieve schattingen in het kader van de Vijfde Milieuverkenningen*. Bilthoven: RIVM. Rapportnummer 408120021.

- Kempen EEMM van, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, Hollander AEM de (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: a meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*. 110: 307-17.
- Kluzenaar Y de, Gansevoort RT, Miedema HM, Jong PE de (2007). Hypertension and road traffic noise exposure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 49(5): 484-92.
- Knipschild P, Meijer H, Sallé H (1984). Wegverkeerslawaaï, psychische problematiek en bloeddruk. Uitkomsten van een bevolkingsonderzoek in Amsterdam. *Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg*. 62 (19): 758-65.
- Knipschild P, Sallé H (1979). Road traffic noise and cardiovascular disease. A population study in the Netherlands. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 44: 55-9.
- Knipschild P, Sallé H (1976). *Verkeerslawaaï en hartvaatziekte, een bevolkingsonderzoek in Doetinchem*. Amsterdam: Coronel Laboratorium. Universiteit van Amsterdam.
- Knol AB, Staatsen BAM (2005). *Trends in environmental burden of disease in the Netherlands. 1980-2020*. Bilthoven: RIVM. Rapportnummer 500029001.
- Lercher P, Evans GW, Meis M (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environment and Behavior*. 35: 725-35.
- Lercher P, Widmann U, Kofler W (2000). Transportation noise and blood pressure: the importance of modifying factors. *The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering 27-30 August 2000, Nice, France*.
- Lercher P, Kofler W (1992). Auswirkungen des Straßenverkehrs auf Lebensqualität und Gesundheit. Transitstudie. *Sozialmedizinischer Teilbericht*. Bericht an den Tiroler Landtag.
- Maschke C, Wolf U, Leitmann Th (2003). Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. Umweltbundesamt. Forschungsbericht 298 62 515, *WaBoLu-Hefte* 01/03.
- Miedema HME, Oudshoorn CGM (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL en DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*. 109(4): 409-16.
- Miedema HME, Passchier-Vermeer W, Vos H (2002). *Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance*. Delft: TNO-INRO.
- Neus H, Ruddel H, Schulte W, Von Eiff AW (1983). The long-term effect of noise on blood pressure. *Journal of Hypertension*. 1(suppl 2): 251-3.
- Öhrström E, Barregård L (2005). *Undersökning av hälsoeffekter av buller från vägtrafik, tåg och flyg i Lerums kommun (Examination of health effects due to road traffic, railways and aircraft in Lerum municipality)* [In Swedish]. Department of Environmental Health, Sahlgrenska Academy, University of Gothenburgh.
- Passchier-Vermeer W (1993). *Noise and Health*. The Hague: Health Council of the Netherlands; publication no A93/02E.
- Passchier-Vermeer W, Vos H, Janssen SA, Miedema HME (2007). *Slaap en verkeersgeluid*. Delft: TNO Bouw en Ondergrond. TNO rapport 2007-D-R0012/A.
- Rosenlund M, Berglund N, Pershagen G, Hallqvist J, Jonson T, Bellander T (2006). Long-term exposure to urban air pollution and myocardial infarction. *Epidemiology*. 17(4): 383-390.
- Schulze B, Ullmann R, Mörstedt R, Baumbach W, Halle S, Liebmann G, Schnieke Chr, Gläser O (1983). Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko. Eine epidemiologische Studie. *Dt. Gesundheitswesen*. 38(15): 596-600.
- Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrío I, Fischer P, Öhrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, Kamp van I, Berry BF on behalf of the RANCH study team (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet*. 365: 1942-9.
- Stansfeld S, Haines M, Brown B (2000). Noise and health in the urban environment. *Reviews in Environment and Health*, 15(1-2): 43-82.

- Umweltbundesamt (2004). Chronischer Lärm als Risikofactor für den Myokardinfarkt. Ergebnisse der "NaRoMi"-Studie. Forschungsbericht 297 61 003, *WaBoLu-Hefte* 02/04.
- Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M, Keil Th (2006). Noise burden and the risk of myocardial infarction. *European Heart Journal*. 27: 276-82.
- Wölke G, Mahr G, Kahl G, Mörstedt R, Schulze B (1990). Verkehrslärm und kardiovaskuläres Risiko. *Forum Städte-Hygiene*. 41: 306-8.
- Yoshida T, Osada Y, Kawaguchi T, Hoshiyama Y, Yoshida K, Yamamoto K (1997). Effects of road traffic noise on inhabitants of Tokyo. *Journal of Sound and Vibration*. 205(4): 517-22.

Verklarende woordenlijst

Hypertensie	Verhoogde bloeddruk
Ischemische hartziekten	Ischemische hartziekten, ook wel coronaire hartziekten genoemd, zijn ziekten van het hart die het gevolg zijn van aderverkalking (atherosclerose). Hierdoor ontstaat zuurstoftekort (ischemie) in de hartspier. Ischemische hartziekten worden onderverdeeld in de acute (hartinfarct of myocardinfarct) en chronische vormen (angina pectoris)
RR	Relatief Risico. Een schatting van het aantal keren dat de kans om ziek te worden bij blootstelling aan een bepaalde risicofactor groter ($RR > 1$) of kleiner ($RR < 1$) is dan in de niet-blootgestelde groep.
L_{Aeq}	Equivalent geluidsniveau. Dit is het gemiddelde geluidsniveau over een bepaalde periode (bijv. van 7 tot 23 uur) waarbij hogere niveaus gedurende die periode extra zwaar meetellen.
95%-BI	95%-betrouwbaarheidsinterval
Dwarsdoorsnede-onderzoek	Onderzoek waarbij op hetzelfde tijdstip verschillende waarnemingen worden verricht bij een te onderzoeken persoon of populatie
Case-controle-onderzoek	Een vorm van retrospectief onderzoek waarbij een steekproef van ziektegevallen (de cases) (bijv. patiënten) wordt vergeleken met een steekproef van controles (bijv. gezonde proefpersonen). In beide steekproeven wordt vervolgens de frequentie van het voorkomen van een of meer risicofactoren gerapporteerd.
Follow-up-onderzoek	Longitudinaal, observationeel onderzoek waarbij personen met bepaalde eigenschappen gedurende een periode worden gevolgd en na verloop van tijd onderling worden vergeleken op eigenschappen, blootstellingen en ontwikkelde ziektebeelden.
Prevalentie	Het aantal gevallen of personen met een bepaalde ziekte op een bepaald moment (puntprevalentie) of in een bepaalde periode, bijvoorbeeld per jaar (periode-prevalentie), absoluut of relatief
Incidentie	Het aantal nieuwe gevallen van of nieuwe personen met een bepaalde ziekte in een bepaalde periode, absoluut of relatief
L_{night}	Jaargemiddelde maat voor geluid in de nacht
L_{den}	Day-evening-night level. Jaargemiddelde maat voor geluid in het gehele etmaal, met een weging naar dag, avond en nacht
EMPARA	Environmental Model for Population Annoyance and Risk Analysis. Verzameling modules die wordt gebruikt om op landelijke schaal de omvang en effecten van verstoring te berekenen en te analyseren
Wgh	Wet Geluidhinder
MIG	Modernisering Instrumentarium Geluidsbeleid
MNP	Milieu- en Natuur Planbureau, vanaf april 2008 ondergebracht in het Planbureau voor de Leefomgeving
Blootstelling-responsrelatie	Deze relaties geven per geluidsniveau weer welk percentage van de populatie kans heeft op een bepaald gezondheidseffect
Meta-analyse	Een meta-analyse is een systematische review, waarbij de bevindingen van afzonderlijke studies op een kwantitatieve manier worden samengevat

Bijlage

Tabel A. Overzicht van studies waarin sinds 1970 het effect van geluid van wegverkeer op hypertensie wordt onderzocht bij volwassenen.

Studie ^s	Land	Periode	Design	Populatie		Blootstelling		Effect		Correctie‡
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus ($L_{Aeq\ 6-22}$)	Meting†	Definitie	
Spandau ¹	Dld	1998-99	Dwars	M&V, 18-90 jr	1718	3	< 55; 55-60; 61-65; > 65	1	Persoon die gedurende afgelopen 2 jr onder behandeling was/is geweest voor hoge bloeddruk	1-9
Zweden-3 ²	Zwed	1997	Dwars	M&V, 18-90 jr	667	1	39,5-44,5; 45,5-49,5; 50,5-54,5; 55,5-64,5	1	Prevalentie van medische diagnose van hypertensie afgelopen 5 jr	1-3, 10-12
Tyrol-1 ³	Oost	1989	Dwars	M&V, 25-64 jr	1989	3	< 60; ≥ 65	3	O	O
Tyrol-2 ⁴	Oost	2000	Dwars	M&V, 20-75 jr	572	3	32-50; 50-55; 55-60; > 60	3	Persoon met SBP ≥ 160 mmHg en/of DBP ≥ 95 mmHg en/of antihypertensiva gebruikte	O
Tokyo ⁵	Japan	Jaren '90	Dwars	V, 20-60 jr	366	O	46-55; 56-60; 61-65; 66-70; 71-75	O	O	O
Lerum ⁶	Zwed	2004	Dwars	M&V, 18-75 jr	1953	1	44,5-49,5; 50,5-54,5; 55,5-59,5; 60,5-69,5	1	Diagnose hypertensie is vastgesteld door arts	1-3, 10, 13, 14
Doetinchem ⁷	NL	1973-74	Ret-Coh	V, 40-49 jr	1741	1	55-60; 65-70	2	SBP ≥ 160 en/of DBP ≥ 105 mmHg en/of medicamenteus behandeld	1- 3, 5, 15 -20
Amsterdam ⁸	NL	1977-80	Dwars	M&V, 41-43 jr	2878	2	≥ 55; 55-59; 60-64; 65-69; 70-74	2	SBP ≥ 160 en/of DBP ≥ 95 mmHg en/of gebruik bloeddrukverlagende middelen	1, 2
Caerphilly ⁹	UK	1979-80	Dwars	M, 45-59 jr	2512	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2?	O	2
Berlijn ¹⁰	Dld	1990	Dwars	M, 31-70 jr	2193	1	≥ 60; 61-65; 66-70; 71-75; 76-80	1	Is er ooit een verhoogde bloeddruk vastgesteld?	2
Bonn ^{11, 12}	Dld	Jaren '70	Dwars	M&V, 20-59 jr	931	1	> 50; 66-73	1	Hypertensiebehandeling nu/verleden	1, 2

Studie [§]	Land	Periode	Design	Populatie		Blootstelling		Effect		Correctie‡
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus (L _{Aeq} 6-22)	Meting†	Definitie	
Erfurt-1 ¹³	Dld	1976-80	Cohort	M&V	357	2		O	O	
Erfurt-2 ¹⁴	Dld		Dwars	M&V, 20-75 jr	700	2		O	O	10, 21 – 23
Skåne ¹⁵	Zwed	1999-00	Dwars	M&V	13557	1	< 51,1; 51,1-55,1; ≥ 56,1	1	Behandeling voor hypertensie	1, 2, 7
PREVEND-1	NL	1997-98	Dwars	M&V, 28-75 jr	40856	1	< 45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, > 65	1	Behandeling voor hypertensie	1-3, 7, 8, 10, 19, 24, 25
PREVEND-2	NL	1997-98	Dwars	M&V, 28-75	8592	1	< 45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, > 65	3	SBP ≥ 140 en/of DBP ≥ 95 mmHg en/of gebruik antihypertensiva	1-3, 7, 8, 10, 19, 24, 25
HYENA		2005	Dwars	M&V, 45-70	4861	1	45-71	3	SBP ≥ 140 en/of DBP ≥ 95 mmHg en/of gebruik antihypertensiva en/of behandeling voor hypertensie	1, 2, 7, 10, 26-29

*) 1 = Gemodelleerd, 2 = Gemeten, 3 = Modellschattingen aangevuld/gecombineerd met metingen; †) 1 = vragenlijst, 2 = bloeddrukmeting, 3 = Vragenlijst & lichamenlijk onderzoek; ‡) 1 = leeftijd, 2 = geslacht, 3 = roken/rookgewoonten, 4 = alcohol consumptie, 5 = lichamenlijke/fysieke activiteit, 6 = gehoorverlies, 7 = Body Mass Index (BMI), 8 = Sociaal economische status (SES), 9 = seizoen, 10 = opleidingsniveau/opleiding, 11 = woningtype, 12 = woonduur, 13 = familiale hoge bloeddruk, 14 = lawaai op de werkplek, 15 = lichaamsgewicht, 16 = kortademigheid bij geringe inspanning, 17 = chronisch hoesten, 18 = longpathologie, 19 = cholesterol, 20 = suikerziekte, 21 = beroepsmatige activiteit, 22 = arbeidsomstandigheden, 23 = leefomstandigheden, 24 = familiale geschiedenis hartvaatziekten, 25 = PM₁₀-concentratie, 26 = geluid van vliegverkeer, 27 = land, 28 = alcohol inname, 29 = lichamenlijke activiteit. §) Referenties: 1 = Maschke et al., 2003; 2 = Bluhm et al., 2001; 3 = Lercher en Kofler, 1992; 4 = Lercher et al., 2000; 5 = Yoshida et al., 1997; 6 = Öhrström en Barregård, 2005; 7 = Knipschild en Sallé, 1976; 8 = Knipschild et al., 1984; 9 = Babisch et al., 1988; 10 = Babisch et al., 1994; 11 = Von Eiff et al., 1981; 12 = Neus et al., 1983; 13 = Wölke et al., 1990; 14 = Schulze et al., 1983; 15 = Björk et al., 2006, 16 = De Kluizenaar et al., 2007. Afkortingen: Dld = Duitsland, Zwed = Zweden, Oost = Oostenrijk, NL = Nederland, UK = Verenigd Koninkrijk, Dwars = dwarsdoorsnede-onderzoek, Cohort = cohort-onderzoek, Ret-Coh = Retrospectief-cohort onderzoek, M = mannen, V = vrouwen, O = Onbekend, niet gerapporteerd; mmHg = millimeter kwik, SBP = systolische bloeddruk, DBP = diastolische bloeddruk

Tabel B. Overzicht van studies waarin sinds 1970 het effect van geluid van wegverkeer op angina pectoris wordt onderzocht bij volwassenen.

Studie [§]	Land	Periode	Design	Populatie	Blootstelling	Effect	Correctie [‡]	Meting [†]	Definitie	
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus (L _{Aeq 6-22})			
Doetinchem ¹	NL	1973-74	Dwars	V, 40-49 jr	1741	3	< 55; 55-60; 61-65; > 65	1	Volgens WHO-definitie en vastgesteld met WHO-vragenlijst	1, 2, 3 15-20
Spandau ²	Dld	1998-99	Dwars	M&V, 18-90 jr	1718	3	< 55; 55-60; 61-65; > 65	1	Persoon die gedurende afgelopen 2 jr onder behandeling was/is geweest voor angina pectoris	1-9
Caerphilly ³	UK	1979-83	Cohort, t = 0	M, 45-59 jr	2512	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2	Angina Pectoris vastgesteld op basis van LSH-pain questionnaire ('classical angina, grade 1&2')	1-5, 7, 8, 13
Speedwell ³	UK	1979-82	Cohort, t = 0	M, 45-63 jr	2348	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2	Angina Pectoris vastgesteld op basis van LSH-pain questionnaire ('classical angina, grade 1&2')	1-5, 7, 8, 13, 21
Tyrol-1 ⁴	Oost	1989	Dwars	M&V, 25-64 jr	1989	3	≥ 55; < 55	1	O	O

*) 1 = Gemodelleerd, 2 = Gemeten, 3 = Modellschattingen aangevuld/gecombineerd met metingen; †) 1 = vragenlijst, 2 = lich onderzoek/arts, 3 = vragenlijst & lichamelijk onderzoek; ‡) 1 = leeftijd, 2 = geslacht, 3 = roken/rookgewoonten, 4= alcohol consumptie, 5 = lichamelijke/fysieke activiteit, 6 = gehoorverlies, 7 = Body Mass Index (BMI) of relatief lichaamsgewicht, 8 = Sociaal(-economie) status (SES), 9 = seizoen, 10 = opleidingsniveau/opleiding, 11 = woningtype, 12 = woonduur, 13 = familiale hoge bloeddruk/hartvaatziekten, 14 = lawaai op de werkplek, 15 = lichaamsgewicht, 16 = kortademigheid bij geringe inspanning, 17 = chronisch hoesten, 18 = longpathologie, 19 = cholesterol, 20 = suikerziekte/diabetes, 21 = beroepsmatige activiteit/fysieke activiteit op werk, 22 = arbeidsomstandigheden, 23 = leefomstandigheden, 24 = hypertensie, 25 = arbeidssituatie, 26=samenwonen, 27= geluidgevoeligheid, 28 = geluid van andere bronnen (vlieg- en rail verkeer) , 29 = werkend in ploegendiensten. §)Referenties: 1 = Knipschild en Sallé, 1976; 2 = Maschke et al., 2003; 3 = Babisch et al., 1993; 4 = Lercher en Kofler, 1992. Afkortingen: NL = Nederland, Dld = Duitsland, UK = Verenigd Koninkrijk, Oost = Oostenrijk, Dwars = dwarsdoorsnede-onderzoek, Cohort = cohort-onderzoek, M = mannen, V = Vrouwen, O = Onbekend, niet gerapporteerd.

Tabel C. Overzicht van studies waarin sinds 1970 het effect van geluid van wegverkeer op myocardinfarct wordt onderzocht bij volwassenen.

Studie [§]	Land	Periode	Design	Populatie	Blootstelling	Effect	Correctie‡	Meting†	Definitie	
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus (L_{Aeq} 6-22)			
Spandau ¹	Dld	1998-99	Dwars	M&V, 18-90 jr	1718	3	<55; 55-60; 61-65; >65	1	Persoon die gedurende afgelopen twee jaar onder behandeling was/is geweest voor myocardinfarct	1-9
Berlijn-4 ^{2,3,4}	Dld	1998-01	CC	M&V, 20-69 jr	4115	1	46-60; 61-65; 66-70; 71-75	2	Door arts gediagnosticeerd myocardinfarct	1-3, 7, 10, 13, 14, 20, 24-28
Tyrol-1 ⁵	Oost	1989	Dwars	M&V, 25-64 jr	1989	3	< 55; ≥ 55; < 60; ≥ 60	3	O	O
Stockholm ⁶	Zwed	1992-94	CC	M&V, 45-70 jr	3500	1	< 50, > 50	2	Door arts gediagnosticeerd myocardinfarct	1, 2, 12
Caerphilly ⁷	UK	1979-83	Cohort, t = 0	M, 45-59 jr	2512	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2	Myocardinfarct vastgesteld op basis van LSH-pain questionnaire ('positive history')	1-5, 7, 8, 13
Speedwell ⁷	UK	1979-82	Cohort, t = 0	M, 45-63 jr	2348	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2	Myocardinfarct vastgesteld op basis van LSH-pain questionnaire ('positive history')	1-3, 7, 8, 13, 21
Caerphilly & Speedwell ⁸	UK	1987-89	Cohort, t = 1&2	M, 45-63 jr	t = 1 4863 t = 2 3950	3	51-55; 56-60; 61-65; 66-70	2	Sterfte aan IHD (ICD-9 410-414), duidelijk klinisch niet-fataal MI vlgs WHO criteria, MI vastgesteld op basis van ECG	1-3, 5, 7, 8, 13, 25, 26, 30, 31
Berlijn-1 ^{9,10}	Dld	1985-86	CC	M, 41-70 jr	243	1	≤ 60, 61-65, 66-70, 71-75, 76-80	2	Patiënten die voor acuut myocardinfarct (ICD9-410) onder behandeling waren op IC afdeling ziekenhuis	1, 2, 7, 10, 12, 25
Berlijn-2 ^{9,10}	Dld	1989-90	CC	M, 31-70 jr	4035	1	≤ 60, 61-65, 66-70, 71-75, 76-80	2	Patiënten die voor acuut myocardinfarct (ICD9-410) onder behandeling waren op IC afdeling ziekenhuis	1, 2, 7, 12, 25, 29
Berlijn-3 ^{9,10}	Dld	1990	Dwars	M, 31-70 jr	2169	1	≤ 60, 61-65, 66-70, 71-75, 76-80	1	Self-reported history of myocardinfarct	1, 2
Bonn ^{11,12}	Dld	Jaren '70	Dwars	M&V, 20-59 jr	931	1	> 50, 66-73	O	O	O

Studie [§]	Land	Periode	Design	Populatie	Blootstelling	Effect	Correctie [‡]	Meting [†]	Definitie	
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus (L _{Aeq} 6-22)			
Groningen & Amsterdam ¹³	NL	1985	Dwars	M&V, 15-55 jr	397	1	40-50, 50-55, 56-60, 61-65, 66-70, 70-75	3	Met behulp van ECG (Minnesota-codering) en vragenlijst is het voorkomen van angina pectoris en/of myocardinfarct gemeten	-

*) 1 = Gemodelleerd, 2 = Gemeten, 3 = Modelschattingen aangevuld/gecombineerd met metingen; †) 1 = vragenlijst, 2 = lich onderzoek/arts, 3 = vragenlijst & lichamelijk onderzoek; ‡) 1 = leeftijd, 2 = geslacht, 3 = roken/rookgewoonten, 4 = alcohol consumptie, 5 = lichamelijke/fysieke activiteit, 6 = gehoorverlies, 7 = Body Mass Index (BMI) of relatief lichaamsgewicht, 8 = Sociaal (economische) status (SES), 9 = seizoen, 10 = opleidingsniveau/opleiding, 11 = woningtype, 12 = woonduur, 13 = familiale hoge bloeddruk/hartvaatziekten, 14 = lawaai op de werkplek, 15 = lichaamsgewicht, 16 = kortademigheid bij geringe inspanning, 17 = chronisch hoesten, 18 = longpathologie, 19 = cholesterol, 20 = suikerziekte/diabetes, 21 = beroepsmatige activiteit/fysieke activiteit op werk, 22 = arbeidsomstandigheden, 23 = leefomstandigheden, 24 = hypertensie, 25 = arbeidssituatie, 26 = samenwonen/huwelijkse staat, 27 = geluidgevoeligheid, 28 = geluid van andere bronnen (vlieg- en rail verkeer), 29 = werkend in ploegendiensten, 30 = prevalentie ischemische hartziekten, 31 = bestaande gezondheidstoestand. §) Referenties: 1 = Maschke et al., 2003; 2 = Babisch et al., 2005; 3 = Umweltbundesamt, 2004; 4 = Willich et al., 2006; 5 = Lercher en Kofler, 1992; 6 = Bluhm, 2006; 7 = Babisch et al., 1993; 8 = Babisch et al., 1999; 9 = Babisch et al., 1994; 10 = Babisch et al., 1992; 11 = Von Eiff et al., 1981; 12 = Neus et al., 1983; 13 = Van Brederode, 1988. Afkortingen: Dld = Duitsland, Oost = Oostenrijk, Zwed = Zweden, UK = Verenigd Koninkrijk, NL = Nederland, Dwars = dwarsdoorsnede-onderzoek, CC = case-controle-onderzoek, Cohort = cohort-onderzoek, M = mannen, V = vrouwen, O = onbekend, niet gerapporteerd,

Tabel D. Overzicht van studies waarin sinds 1970 het effect van geluid van railverkeer op hypertensie, angina pectoris en myocardinfarct wordt onderzocht bij volwassenen.

Studie [‡]	Land	Periode	Design	Populatie		Blootstelling		Effect		Correctie
				Leeftijd	N	Meting*	Niveaus (geluidmaat)	Definitie	Meting [†]	
Stockholm ¹	Zwed	1992-94	CC	M&V, 45-70 jr	3500	1	O (L _{Aeq, 24u})	Door arts gediagnosticeerd myocardinfarct	2	O
Tyrol-2 ²	Oost	2000	Dwars	M&V, 20-75 jr	572	3	O (L _{dn})	Persoon met SBP ≥ 160 mmHg en/of DBP ≥ 95 mmHg en/of antihypertensiva gebruikte	3	O
Lerum ³	Zwed	2004	Dwars	M&V, 18-75 jr	1953	1	45-50; 51-55; 56-60; 61-72 (L _{Aeq, 24u})	Diagnose hypertensie is vastgesteld door arts	1	O

*) 1 = Gemodelleerd, 2 = Gemeten, 3 = Modelschattingen aangevuld/gecombineerd met metingen; †) 1 = vragenlijst, 2 = lichamelijk onderzoek/arts, 3 = vragenlijst & lichamelijk onderzoek; ‡) Referenties: 1 = Bluhm, 2006; 2 = Lercher en Kofler, 1992; 3 = Öhrström en Barregård, 2005. Afkortingen: Zwed = Zweden, Oost = Oostenrijk, CC = Case-controle-onderzoek, Dwars = dwars-doorsnede-onderzoek, M = mannen, V = vrouwen, O = Onbekend, niet gerapporteerd, SBP = systolische bloeddruk, DBP = diastolische bloeddruk, mmHg = millimeter kwik.

Tabel E. Blootstellingsverdeling van de Nederlandse bevolking aan geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen.

Blootstellingscategorie	Fractie				
	L _{den}	L _{Aeq,16u}		L _{night}	
		-	variant 1 ¹⁾	variant 2 ²⁾	variant 1 ¹⁾
<= 40 dB	0,0464	0,0586	0,0747	0,4829	0,3035
41-45 dB	0,1108	0,1412	0,1742	0,2709	0,2958
46-50 dB	0,2650	0,2831	0,2934	0,1711	0,2361
51-55 dB	0,2847	0,2709	0,2545	0,0632	0,1249
56-60 dB	0,1930	0,1711	0,1477	0,0113	0,0354
61-65 dB	0,0818	0,0632	0,0483	0,0006	0,0042
66-70 dB	0,0171	0,0113	0,0070	-	0,0001
>= 71 dB	0,0012	0,0006	0,0002	-	-

1) bij omrekening van L_{den} naar L_{Aeq,16u} en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen; 2) bij omrekening van L_{den} naar L_{Aeq,16u} en L_{night} is situatie rijksweg aangenomen.

Tabel F. Blootstellingsverdeling van de Nederlandse bevolking aan geluid afkomstig van wegverkeer op rijkswegen.

Blootstellingscategorie	Fractie		
	L _{den}	L _{Aeq,16u}	L _{night}
<= 40 dB	0,5471	0,5999	0,8035
41-45 dB	0,1524	0,1707	0,1264
46-50 dB	0,1637	0,1405	0,0529
51-55 dB	0,0952	0,0655	0,0137
56-60 dB	0,0322	0,0184	0,0029
61-65 dB	0,0076	0,0041	0,0005
66-70 dB	0,0015	0,0008	-
>= 71 dB	0,0003	0,0001	-

Tabel G. Blootstellingsverdeling van de Nederlandse populatie aan geluid afkomstig van railverkeer.

Blootstellingscategorie	Fractie		
	L _{den}	L _{Aeq,16u}	L _{night}
<= 40 dB	0,6622	0,7644	0,8722
41-45 dB	0,1462	0,1215	0,0724
46-50 dB	0,1022	0,0656	0,0353
51-55 dB	0,0534	0,0312	0,0141
56-60 dB	0,0240	0,0121	0,0044
61-65 dB	0,0085	0,0038	0,0013
66-70 dB	0,0026	0,0011	0,0004
>= 71 dB	0,0009	0,0002	-

Tabel H. Blootstellingsverdeling van de Nederlandse bevolking aan geluid afkomstig van wegverkeer op alle wegen met aangepast blootstellingverdeling op basis van zes agglomeraties.

Blootstellingscategorie	Fractie		
	-	variant 1 ¹⁾	variant 2 ²⁾
	L_{den}	$L_{Aeq,16u}$	
56-60 dB	0,1351	0,1225	0,1092
61-65 dB	0,0813	0,0738	0,0647
66-70 dB	0,0308	0,0219	0,0148
>= 71 dB	0,0035	0,0019	0,0008

1) bij omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} is binnenstedelijke situatie aangenomen; 2) bij omrekening van L_{den} naar $L_{Aeq,16u}$ en L_{night} is situatie rijksweg aangenomen.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl