

RIVM rapport 408129 021/2001

**De potentiële ziektelast toe te schrijven aan de
geluidbelasting in Nederland**

Kwantitatieve schattingen in het kader van de
Vijfde Milieuverkenningen

Kempen EEMM van, Ameling CA, Hoogenveen
RT, Staatsen BAM, Hollander AEM de

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal
Milieubeheer, Directie Strategie en Bestuur, het kader van het project
'Milieuverkenningen 5', projectnummer 408129.

Abstract

In the framework of the Fifth Environmental Forecast, we assessed the magnitude of the potential burden of disease attributable to noise exposure using the following: (i) morbidity data, (ii) noise exposure distributions of the Dutch population, and (iii) dose-response relationships. We carried out additional calculations using a Chronic disease model to examine the influence of the assessed prevalent cases on the disease burden in terms of DALYs. An extensive sensitivity analysis was also carried out.

Because of noise exposure, a range of effects varying in clinical gravity was assessed. It is expected that as a result of the increasing noise levels disease burden will increase.

Sensitivity analysis showed that the uncertainty of the dose-response-relations is the main cause of variation.

Voorwoord

Conform de Wet Milieubeheer stelt het RIVM elke vier jaar een milieuverkenning op ter voorbereiding op een nationaal milieubeleidsplan. De Vijfde Milieuverkenning (MV5) is in september 2000 uitgekomen en dient als voorbereiding op het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) dat in 2001 zal verschijnen. De MV5 rapporteert over de verwachte gevolgen van maatschappelijke ontwikkelingen voor het milieu met effecten op mens en natuur in Nederland, tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in Europa en op wereldschaal in de periode 2000-2030. Voor Nederland gebeurt dit onder aanname van 'vastgesteld beleid'. Dit beleid omvat alle maatregelen die door de Tweede Kamer zijn vastgesteld vóór 1 januari 2000 of waarvoor de financiering geregeld is. Voorts is geanalyseerd wat de bijdrage zou kunnen zijn van enkele reeds in de politiek of in het beleid in bespreking zijnde maatregelen. De MV5 biedt hiermee basisscenario's die vergeleken kunnen worden met streefbeelden, doel- en taakstellingen van het Nederlandse beleid. Voor de mondiale schaal gebruikt de MV5 enkele internationaal erkende scenario's van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), met name berekeningsresultaten die het RIVM hieraan heeft bijgedragen. Voor de Europese schaal zijn zowel de IPCC-scenario's als het EU-baseline scenario gebruikt. Voor Nederland is gebruik gemaakt van de volgende scenario's van het Centraal PlanBureau (CPB): Global Competition (GC) en European Coordination (EC). Het RIVM heeft deze doorgetrokken van 2020 naar 2030.

De MV5 is gebaseerd op een veelheid aan informatie die niet allemaal in de verkenning zelf kon worden opgenomen. Het betreft met name onderbouwingen van analyses maar ook extra informatie ten opzichte van de MV5. Omdat deze informatie voor bepaalde groepen lezers relevant is wordt zij gepubliceerd in een serie achtergrondrapporten, voor zover zij niet elders wordt gepubliceerd.

In dit rapport wordt een methode gepresenteerd, waarbij geprobeerd wordt om met behulp van de epidemiologisch verbanden die beschikbaar zijn, een schatting te maken van het gezondheidsverlies dat is toe te schrijven aan de blootstelling aan geluid. Met de getallen die hierbij geproduceerd worden, wordt geprobeerd een beeld te geven van de mogelijke omvang van de effecten.

Tot slot willen de auteurs enkele personen bedanken: Willem Hoffmans en Hans Nijland voor het leveren van blootstellingverdelingen, en Hendriek Boshuizen, Hanneke Kruize en Danny Houthuijs voor hun kritische commentaar.

Inhoud

SAMENVATTING	5
1 INLEIDING.....	6
2 GELUID EN HART- EN VAATZIEKTEN.....	8
2.1 INLEIDING	8
2.2 META-ANALYSE GELUID EN HART- EN VAATZIEKTEN	8
3 MATERIAAL EN METHODEN.....	11
3.1 KADER	11
3.2 BLOOTSTELLINGSVERDELING.....	13
3.3 DEMOGRAFISCHE GEGEVENS EN PREVALENTIES.....	14
3.4 BEREKENING VAN HET AANTAL TOE TE SCHRIJVEN GEVALLEN	15
3.5 AANVULLENDE SCHATTINGEN MET BETREKKING TOT HART- EN VAATZIEKTEN.....	16
3.6 BEREKENING MAXIMAAL AANTAL TOE TE SCHRIJVEN GEVALLEN	18
3.7 ONZEKERHEIDSANALYSE	19
3.7.1 <i>Verschillende scenario's doorgerekend</i>	19
3.7.2 <i>Monte Carlo simulaties</i>	20
4 RESULTATEN.....	22
4.1 BLOOTSTELLINGSVERDELINGEN	22
4.2 AANTAL TOE TE SCHRIJVEN GEVALLEN.....	23
4.3 BEREKENDE ZIEKTELAST	24
4.4 MAXIMAAL TOE TE SCHRIJVEN AANTALLEN.....	27
4.5 ONZEKERHEIDSANALYSE	28
4.5.1 <i>Scenario's</i>	28
4.5.2 <i>Probabilistische analyse</i>	29
5 DISCUSSIE.....	34
LITERATUUR.....	39
BIJLAGE 1. VERZENDLIJST	42
BIJLAGE 2. KWANTIFICERING VAN DOSIS-EFFECTRELATIES.....	44
BIJLAGE 3. BESCHRIJVING ZIEKTEBEELDEN.....	45

Samenvatting

In dit rapport is een schatting gemaakt van de incidentie en sterfte aan hart- en vaatziekten toe te schrijven aan geluidblootstelling en de ziektelast daarvan. Voor het bepalen van de omvang van deze effecten zijn morbiditeitgegevens, gegevens over de verdeling van de geluidblootstelling over de Nederlandse populatie, dosis-effectrelaties, gebaseerd op een recent verrichte meta-analyse, gebruikt. Door bovengenoemde gegevens te combineren, is het aantal prevalentie cases geschat dat is toe te schrijven aan de belasting van geluid. Om na te gaan wat de invloed is van de geschatte prevalentie aantallen op de ziektelast (in termen van DALY's), zijn met behulp van het Chronische Ziektemodel aanvullende berekeningen verricht. Verder is door middel van een onzekerheidsanalyse onderzocht hoe de verschillende aannames en onzekerheden van invloed zijn op de geschatte prevalenties.

Als gevolg van de blootstelling aan omgevingsgeluid is een brede range aan effecten gemeten die varieerden in klinische ernst en die een grote mate van coherentie en consistentie vertoonden. Aangezien in de toekomst de blootstelling aan wegverkeerlawaaai en vliegverkeerlawaaai zal toenemen zal ook de ziektelast ten gevolge van ischemische hartziekten toe te schrijven aan geluidblootstelling, toenemen. Verder bleek dat naar verwachting het gezondheidsverlies door met name geluid van vliegverkeer in 2030 sterk zal toenemen. De aanvullende berekeningen met het Chronische Ziektemodel hebben bijgedragen tot een completer en realistischer beeld van de geschatte ziektelast. De schattingen, zoals in dit rapport gepresenteerd, zijn omgeven met een aantal onzekerheden. De onzekerheid in de dosis-effectrelaties bleek een van de belangrijkste. Om de betrouwbaarheid van toekomstige schattingen te verhogen, zal de meeste winst dan ook te behalen zijn uit het vaststellen van meer nauwkeurigere dosis-respons-relaties die beter beschreven zijn.

1 Inleiding

Geluid is een hardnekkig milieuprobleem. Modelberekeningen laten zien dat in 1995 ongeveer 42% van de Nederlandse bevolking werd blootgesteld aan geluidniveaus van 55 dB(A) of meer (Dassen et al., 2000).

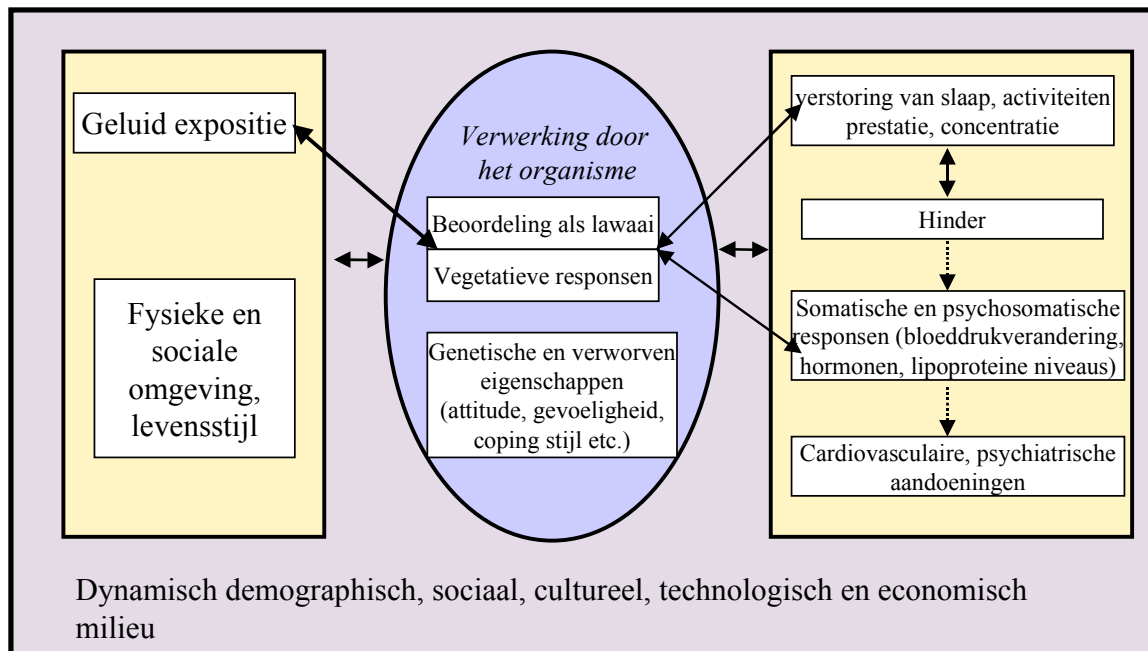
Ondanks het feit dat er door de Nederlandse overheid diverse maatregelen zijn getroffen, zoals strengere geluidemissie-eisen voor vliegtuigen en (vracht)auto's, zonering van luchtvaartterreinen met daarbij behorende geluidisolatieprogramma's, plaatsing van honderden kilometers geluidschermen, de aanbrenging van stil asfalt en woningisolatie, zal de geluidproblematiek alleen maar toenemen (NMP3, 1998). Steeds meer mensen zullen aan hogere geluidniveaus worden blootgesteld. Dit blijkt ook uit de voorspellingen die zijn uitgevoerd met behulp van het Landelijk Beeld Verstoring (LBV) in het kader van de Vijfde Milieuverkenningen (Dassen et al., 2000). Deze toename is te wijten aan factoren als de hoge bevolkingsdichtheid, de voortgaande verstedelijking, de groei van de mobiliteit, de toename van de recreatieve activiteiten en het toenemende bezit en gebruik van geluidsapparatuur (RIVM, 1997).

Geluid en gezondheid

De blootstelling aan geluid kan tot uiteenlopende effecten op de gezondheid leiden (Passchier-Vermeer, 1993). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen welzijnseffecten zoals hinder en slaapverstoring enerzijds en meer klinische gezondheidseffecten zoals gehoorschade en hartvaatziekte anderzijds. Men veronderstelt dat deze effecten, met uitzondering van gehoorschade, het gevolg zijn van de perceptie van het geluid. Hierbij lijkt stress een belangrijke rol te spelen. Responsen worden onder meer bepaald door het geluidniveau en andere geluidkenmerken, maar worden tevens beïnvloed door sociale en endogene factoren zoals attitude en copingstijl. Geluid induceert slaapverstoring, verstoring van dagelijkse activiteiten, hinder en stress. Deze effecten kunnen weer leiden tot zogenaamde intermediaire responsen als hypertensie, verhoogde niveaus van stress hormonen (cortisol) en dergelijke. Deze zorgen op hun beurt weer voor een verhoging van het risico op hartvaatziekten en psychische aandoeningen. Een en ander wordt geïllustreerd in figuur 1 (Gezondheidsraad, 1999).

In dit rapport worden, in het kader van de Vijfde Milieuverkenningen, schattingen gemaakt van het gezondheidsverlies (in termen van DALY's¹) dat is toe te schrijven aan de blootstelling aan geluid. De nadruk ligt daarbij op de relatie tussen geluid en hart- en vaatziekten. Recent is voor geluid en hart- en vaatziekten een meta-analyse verricht (Van Kempen et al., 2001). De resultaten van deze studie zijn toegepast in onderhavige exercitie. Het doel van deze exercitie is om te beschrijven hoe de resultaten van epidemiologische onderzoeken kunnen worden geïnterpreteerd en toegepast in combinatie met expositie- en morbiditeitgegevens. Hierbij wordt duidelijk welke keuzes en afwegingen moeten worden gemaakt en welke invloed deze kunnen hebben op de uitkomsten.

¹ DALY staat voor Disability Adjusted Life Year.



Figuur 1. Conceptueel model van geluid en gezondheid (Gezondheidsraad, 1999)

Om het gezondheidsverlies dat is toe te schrijven aan de blootstelling aan geluid te kunnen berekenen, moeten een aantal stappen worden doorlopen: voor de verschillende effecten worden gegevens over de dosis-effect-relatie gecombineerd met geluidblootstellingsgegevens, demografische gegevens en basis-risico's. Daarbij moeten een aantal aannames en keuzes worden gemaakt. Om inzicht te krijgen in de factoren die van invloed kunnen zijn op de schattingen, is een onzekerheidsanalyse verricht. Genoemde stappen staan beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 en 5 worden resp. de resultaten gepresenteerd en bediscussieerd. Nadat in hoofdstuk 2 nader zal worden ingegaan op geluid en hart- en vaatziekten zal aan het begin van hoofdstuk 3 een kader worden geschetst waarbinnen deze exercitie zal worden uitgevoerd.

2 Geluid en hart- en vaatziekten

2.1 Inleiding

Alhoewel uit verschillende overzichten aanwijzingen naar voren komen dat de blootstelling aan geluid zou leiden tot een verhoogde kans op hypertensie en ischemische hartziekten (ICD-9: 410-414), is het epidemiologisch bewijs beperkt. Effecten als hypertensie en ischemische hartziekten moeten worden gezien als het gevolg van stress. Stress kan rechtstreeks tot klinische effecten leiden, maar kan zich ook uiten in gedrag (roken, medicijngebruik), en zo indirect bijdragen aan gezondheidsproblemen. Daarnaast zou de relatie tussen geluidblootstelling en hartvaatziekten ook kunnen worden verklaard door de stelling dat geluid op zichzelf geen problemen veroorzaakt, maar ze steeds erger maakt. Aangenomen wordt dat de fysieke effecten van geluid zich voornamelijk voordoen in daarvoor gevoelige subgroepen binnen een populatie.

2.2 Meta-analyse geluid en hart- en vaatziekten

Op het moment is geen betrouwbare dosis-effect-relatie beschikbaar voor de relatie tussen geluidblootstelling en hart- en vaatziekten. Om toch meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de blootstelling aan geluid en bloeddruk en/of ischemische hartziekten, is een meta-analyse uitgevoerd (Van Kempen et al., 2001). Dit is een systematische review² waarbij de bevindingen op een kwantitatieve manier worden samengevat. Meer dan 40 observationele studies (zowel arbeids- als bevolkingsstudies) werden daarbij bestudeerd. Als gevolg van de blootstelling aan verschillende geluidbronnen (op de werkplek, aan (binnenstedelijk) wegverkeer en/of vliegverkeer) kon een breed scala aan effecten worden gemeten die varieerden in ernst (zie ook tabel 1). Bij sterfte zij opgemerkt dat dit effect slechts in een aantal ecologische³ studies is bestudeerd. Bovendien bevatten deze studies een aantal tekortkomingen waardoor besloten is om deze studies niet verder mee te nemen in de meta-analyse.

In de meta-analyse werden lichte verhogingen van de bloeddruk gevonden. Alleen voor de arbeidsstudies werd een statistisch significante toename van de systolische bloeddruk gevonden: 0,51 (0,01 – 1,00) mmHg per 5 dB(A). De blootstelling aan wegverkeerlawaai was positief geassocieerd met respectievelijk het risico op myocard infarct en ischemische hartziekten. Vliegverkeerlawaai was geassocieerd met respectievelijk het risico op

² Een systematische review is een kwalitatieve evaluatie van de literatuur.

³ Correlatiestudie; bij ecologische studies vormen groepen van individuen (populaties) de onderzoekseenheden en worden groepen met elkaar vergeleken.

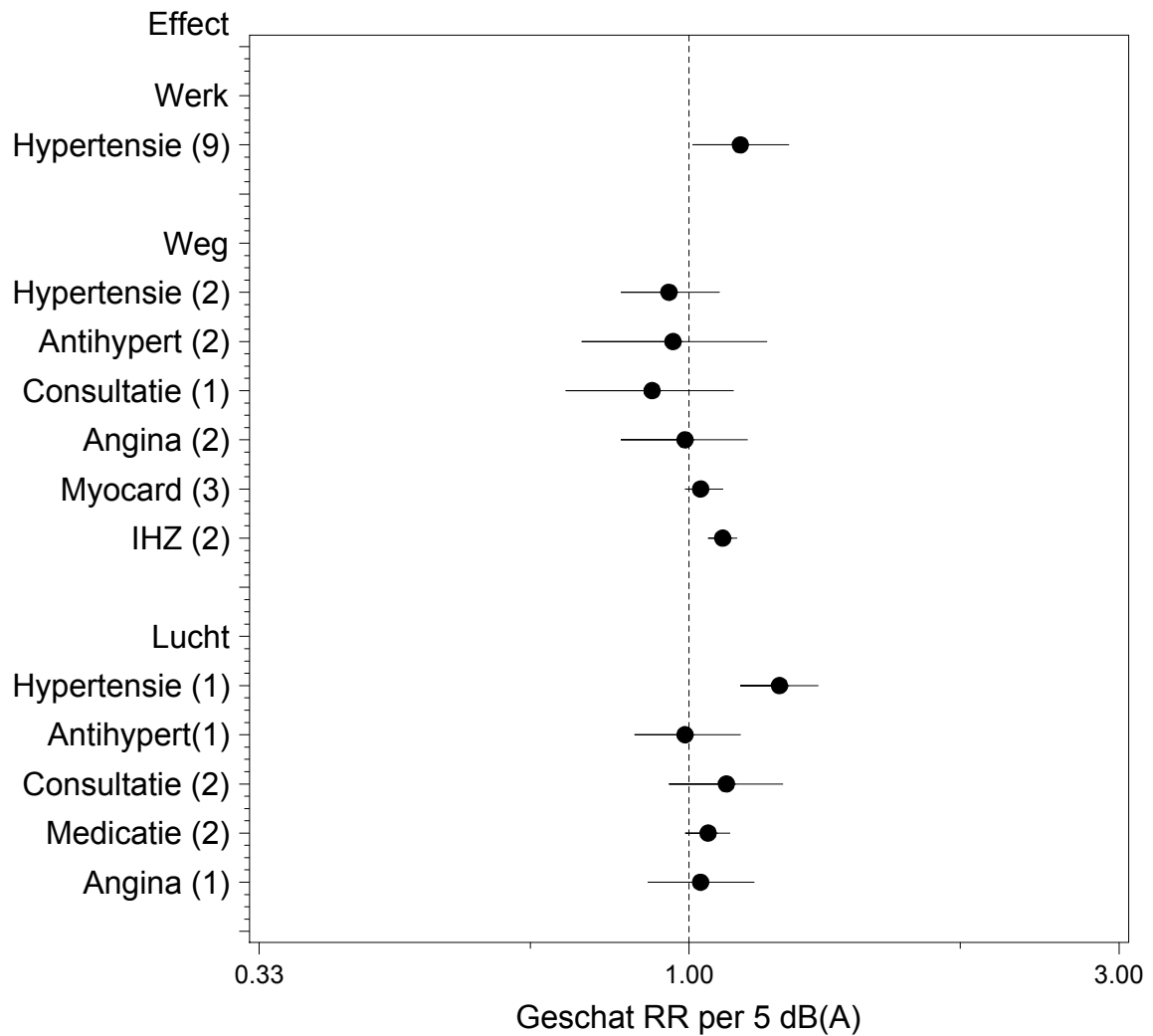
hypertensie, angina pectoris, het gebruik van hartvaatmiddelen en consultatie van huisarts of specialist.

Alleen de associatie tussen de blootstelling aan vliegverkeerlawaai en hypertensie was statistisch significant: $RR_{5\text{ dB(A)}} = 1,26$ (1,14 – 1,39). Een en ander wordt nog eens geïllustreerd in figuur 2, waar per bron de effecten worden weergegeven (bloeddruk uitgezonderd) waarvoor in de meta-analyse een schatting is gemaakt. Deze figuur toont aan dat weliswaar voor een groot aantal effecten schattingen voorhanden zijn, maar dat het aantal bruikbare studies per effect beperkt is, arbeidsstudie uitgezonderd. In bijlage II wordt kort beschreven hoe de in figuur 2 gepresenteerde dosis-effect-relaties tot stand zijn gekomen.

Tabel 1. Effecten gemeten in epidemiologische studies die de relatie tussen geluidblootstelling en hart- en vaatziekten onderzoeken.

Gemeten effect	Definitie	Bij wie	Meetmethode	# studies ^{b)}
Bloeddruk (mmHg)	Veranderingen in zowel systolische als diastolische bloeddruk	Voornamelijk bij mannen, die al dan niet worden behandeld voor te hoge bloeddruk	Sphygmomano-meter	24
Hypertensie	SBP = 160, DBP = 95 mmHg en/of gebruik bloeddrukverlagende medicijnen ^{c)}	Overwegend gezonde mannen	Meting bloeddruk en vragenlijst	26
Gebruik antihypertensiva	Gebruik van bloeddrukverlagende medicijnen	Voornamelijk bij mannen	Vragenlijst	6
Gebruik hartvaatmiddelen	Gebruik van bloeddrukverlagende medicijnen en/of hartvaatmiddelen	Bij zowel mannen als vrouwen	Vragenlijst	3
Angina Pectoris	Prevalentie angina pectoris	Personen van middelbare leeftijd (35-64 jr.)	WHO (Rose)-vragenlijst of LSH-pain questionnaire	6
Myocard Infarct	Prevalentie myocard infarct (inclusief sterfte, ziekenhuisopnames en ECG), incidentie MI-cases	Mannen van middelbare leeftijd	LSH-pain questionnaire en ECG (Minnesota)	5
Ischemische hartziekte (combi)	Prevalentie raadplegen specialist, ziekenhuisopname; incidentie angina (typisch/a-typisch), MI en ECG-ischemie	Voornamelijk bij personen van middelbare leeftijd	Vragenlijst en ECG (Minnesota-code)	4
Sterfte aan ischemische hartziekten			Ecologische studies ^{a)}	Ca. 5

- a) Vanwege hun slechte kwaliteit en omdat ze geen data op individueel niveau bevatten, zijn deze studies niet meegenomen in de meta-analyse.
- b) Aantal studies waarin het effect is onderzocht. Sommige studies onderzochten meerdere effecten.
- c) SBP = Systolische bloeddruk; DBP = Diastolische bloeddruk.

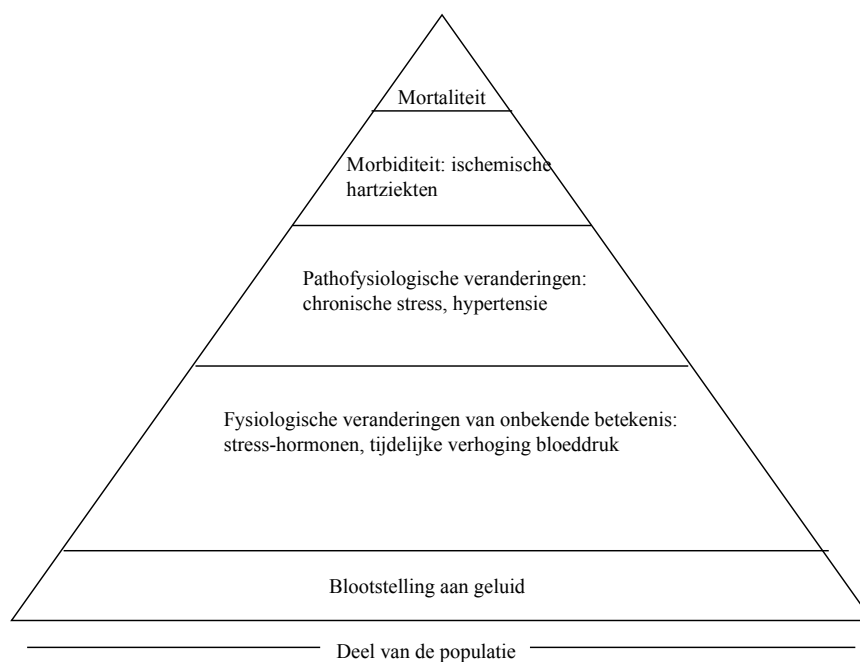


Figuur 2. Resultaten meta-analyse geluid en hart- en vaatziekten (Bron: Van Kempen et al., 2001). De bolletjes en horizontale lijnen corresponderen met het geschatte RR per 5 dB(A) en het 95% betrouwbaarheidsinterval. Tussen haakjes staat het aantal studies vermeld waarop de schatting is gebaseerd.

3 Materiaal en methoden

3.1 Kader

Bij het schatten van het gezondheidsverlies dat is toe te schrijven aan geluid, zal worden uitgegaan van het werkingsmodel zoals gepresenteerd in figuur 3. Daarbij gaan we er vanuit dat vrijwel de gehele populatie op de een of andere manier is blootgesteld aan geluid. Een groot deel van de blootgestelde personen zal geen werkelijke klachten ondervinden, behoudens fysiologische veranderingen waarvan de betekenis onbekend is: zoals een tijdelijke verhoging van de bloeddruk of stress-hormonen. Bij sommigen leidt dit tot pathofysiologische veranderingen als chronische stress en hypertensie. Een nog kleiner deel van de populatie zal uiteindelijk ziek worden en zelfs sterven.



Figuur 3. Werkingmodel: weergave van de verdeling van voor hart- en vaatziekten relevante effecten van blootstelling aan geluid in de populatie (Bron: ATS, 1985).

De in figuur 2 gepresenteerde eindpunten zullen worden geïnterpreteerd in termen van verergering. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen (i) effecten waarvoor een al dan niet significante verhoging van het risico is gevonden en (ii) effecten waarvoor een beschermende tendens is gevonden. Er zal alleen worden gerekend met de effecten waarvoor in de meta-analyse een al dan niet significante verhoging van het risico is gevonden. De resultaten van de arbeidsstudies zullen voor deze exercitie verder niet worden gebruikt; de resultaten van de overige effecten zullen alleen worden gepresenteerd ter vergelijking en voor de volledigheid. Voor wegverkeerlawaai gaat het dan om myocard infarct en ischemische hartziekten (IHD-totaal). Voor vliegverkeerlawaai worden hypertensie, raadpleging van huisarts en/of specialist, het gebruik van medicatie voor hartvaatziekten en angina pectoris doorgerekend. In tabel 2 staan de bèta's, geschat met behulp van de meta-analyse voor geluid en hart- en vaatziekten (Van Kempen et al., 2001), die voor de berekening gebruikt zullen worden. Deze bèta's zijn in principe geldig voor een bepaalde geluidrange en populatie. Voor de berekening van de ziektelast zal dan ook niet worden geëxtrapoleerd naar andere populaties. Echter, conform het in figuur 3 gepresenteerde model, is het aannemelijk dat andere delen van de populatie die wat ouder zijn en/of zijn blootgesteld aan een wat hoger geluidniveau dan de populaties die in de studies die deelnemen in de meta-analyse, zijn onderzocht. Met andere woorden: de resultaten van de meta-analyse zullen naar verschillende populaties worden geëxtrapoleerd. Als onderdeel van de onzekerheidsanalyse zullen dan ook verschillende populaties worden doorgerekend.

Alles zal worden doorgerekend ten opzichte van een geluidniveau van 50 dB(A). Dit kan worden beschouwd als een soort van achtergrondniveau. Een niveau van 40 dB(A) wordt beschouwd als stilte. Echter, nergens in Nederland is het stil en dat zal het op korte termijn ook niet worden. Besloten is dan ook om niet onder de 50 dB(A) te gaan rekenen. Niveaus boven de 50 dB(A) worden wel doorgerekend als onderdeel van de onzekerheidsanalyse.

Tabel 2. Gebruikte bèta's ter berekening van de ziektelast (Van Kempen et al., 2001)

Bron	Effect	Bèta per 5 dB(A) ^{a)}
Weg	Myocard infarct	0,03 (-0,01 – 0,09)
	Ischemische hartziekten, totaal	0,09 (0,05 – 0,12)
Luchtvaart	Hypertensie	0,23 (0,13 – 0,33)
	Consultatie	0,10 (-0,05 – 0,24)
	Medicatie	0,05 (-0,01 – 0,10)
	Angina	0,03 (-0,11 – 0,17)

a) Deze bèta's met hun 95% betrouwbaarheidsinterval worden gebruikt om de toe te schrijven aantallen te schatten. In bijlage 2 is terug te vinden hoe ze tot stand zijn gekomen.

Een en ander wordt doorgerekend voor de zichtjaren 1994/1995 en 2030.

3.2 Blootstellingsverdeling

Gegevens over de verdeling van de geluidblootstelling zijn verkregen met behulp van het Landelijk Beeld Verstoring (LBV)⁴ (VROM, 1996). Dit is een geluidmodel, ontwikkeld door het RIVM in samenwerking met TNO in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijk Ordening en Milieu, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Lokale Milieukwaliteit van Verkeer. Met behulp van het LBV kan de geluidssituatie op landelijke schaal in kaart gebracht worden. Hiertoe is de gehele keten van emissie tot immissie gemodelleerd. Dit houdt in dat menselijke activiteiten als bijvoorbeeld het vervoer over wegen, het spoor en door de lucht, worden vertaald in geluidemissies en dat kenmerken van de omgeving worden gebruikt om de geluidsniveaus te berekenen. Voor de berekening van de geluidsniveaus is een veelheid aan invoergegevens nodig:

- Kaarten van wegen, spoorlijnen, vliegvelden en industrieën (waar bevinden zich de bronnen van het geluid);
- Gegevens over gebruik en de karakteristieken van wegen, spoorlijnen, vliegvelden en industrieën (hoe intensief wordt het geluid geproduceerd en wat zijn de eigenschappen van bijvoorbeeld wegen zoals type asfalt);
- Gegevens over geluidsproducenten zoals auto's, treinen, vliegtuigen (geluidsproductie per voertuigcategorie);
- Kaarten van het landgebruik in Nederland (waar liggen steden, natuurgebieden, stiltegebieden);
- Gegevens over de overdracht van geluid van de veroorzaker naar de ontvanger (hoe verspreidt geluid zich, hoe sterk wordt het verzwakt door bijvoorbeeld geluidsschermen);
- Kaarten van de bevolkingsdichtheid van Nederland.

Het LBV wordt gebruikt voor de berekening van de huidige omvang en de effecten van verstoring, maar ook om naar toekomstige ontwikkelingen te kijken. Bij de berekening van de toekomstige geluidbelasting wordt gebruik gemaakt van een scenario. In zo'n scenario zijn gegevens opgenomen over de verwachte menselijke activiteiten, zoals bijvoorbeeld:

- de vorm en omvang van het verkeer en het vervoer;
- de geluidemissies van vervoermiddelen (auto's, treinen, vliegtuigen);
- de ligging van infrastructuur;
- de ligging van woonlocaties en kwetsbare gebieden (bijvoorbeeld stiltegebieden).

Voor de onderhavige exercitie is gebruik gemaakt van het European Coordination (EC)-scenario (vastgesteld beleid). De aannames die daarbij zijn gemaakt, zijn terug te vinden in Dassen et al. (2001).

⁴ De Engelstalige naam luidt EMPARA: Environmental Model for Population Annoyance and Risk Analysis.

3.3 Demografische gegevens en prevalenties

Om de ziektelast te kunnen berekenen, zijn demografische gegevens en prevalenties van de verschillende effecten nodig. Hiertoe zijn een aantal bronnen gebruikt. Ten eerste gaat het om registraties van demografische gegevens van het CBS, de Continue Morbiditeitsregistratie en het Registratienetwerk Huisartsenpraktijken (RNH) (Hoogenveen et al., 1998). Echter, niet alle aandoeningen worden routinematig geregistreerd. In deze gevallen is gebruik gemaakt van gegevens die met behulp van specifieke onderzoeken zijn verkregen zoals ERGO⁵ en MORGEN⁶ (Feskens et al., 1997). Omdat voor de hier gekozen effecten (op dat moment) alleen goede prevalentiegegevens uit 1994 beschikbaar waren, is het toe te schrijven aantal doorgerekend voor 1994. De ziektelast is berekend voor 1995.

In tabel 3 en 4 worden voor de verschillende effecten de gebruikte prevalenties (aantal per 1000) en populatie-omvang gepresenteerd.

Tabel 3. *Prevalenties gebruikt voor de berekening van de ziektelast*

Aandoening	Populatie	Prevalentie (per 1000)	Bron
Hypertensie	Personen ouder dan 20 jaar	117	MORGEN, ERGO
Angina Pectoris	Mannen, 45-63 jaar	42,7	CMR, RNH ^{a)}
	Mannen en vrouwen, 35-64 jaar	22,0	CMR, RNH ^{a)}
Myocard infarct	Mannen 30-70 jaar	33,26	CMR, RNH ^{a)}
Raadpleging huisarts/specialist voor hartvaatziekten	Nederlandse bevolking	167	CBS ^{b)}
Gebruik van hartvaatmiddelen	Nederlandse bevolking	95,5	CBS ^{b)}
Ischemische hartziekten, totaal	Mannen, 45-63 jaar	41,13	CMR, RNH ^{a)}

a) Berekend uit geslacht- en leeftijdspecifieke 'gemiddeldes' van de Continue Morbiditeits Registratie Nijmegen en het Registratienetwerk Limburg, uit Hoogenveen et al., 2000.

b) CBS-gezondheidsenquête (CBS, 1996)

⁵ ERGO: Erasmus Rotterdam Gezondheid en Ouderen. Epidemiologisch bevolkingsonderzoek onder ca.8000 vijftig plussers waarin gegevens worden verzameld over ziektes, aandoeningen, determinanten, leefstijl etcetera.

⁶ MORGEN: MONitoring van Determinanten en GEzondheid in NEDerland. Van 1993 tot 1997 zijn bij ruim 23000 mensen uit Maastricht, Doetinchem en Amsterdam gegevens verzameld over determinanten en gezondheid door middel van vragenlijsten en lichamelijk onderzoek.

Tabel 4. Gebruikte populatie-omvang ter berekening van de ziektelast

Populatie	N (absoluut) in 1994
Personen ouder dan 20 jaar	11.590.399
Mannen, 45-63 jaar	1.724.504
Mannen en vrouwen, 35-64 jaar	5.771.562
Mannen, 30-70 jaar	3.866.250
Nederland	15.341.553

Bron: CBS

3.4 Berekening van het aantal toe te schrijven gevallen

De berekening van het aantal toe te schrijven gevallen (ook wel het attributieve risico (AR) genoemd) bestaat uit een aantal stappen: in de eerste stap wordt met behulp van de totale prevalentie van het betreffende effect (33,26 per 1000) en de populatiegrootte (1.359.471) het totaal aantal prevalentie personen geschat (in onderstaand rekenvoorbeeld 45.216) dat optreedt bij de huidige geluidbelasting. Vervolgens wordt voor iedere deelnemende blootstellingsklasse een relatief risico (RR) berekend. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de bèta's die zijn geschat met behulp van de meta-analyse (Van Kempen et al., 2001). Het RR wordt zoals in paragraaf 3.1 reeds is vermeld, berekend voor de reductie tot een achtergrondniveau van 50 dB(A).

Gebruikmakend van het aantal blootgestelden, wordt vervolgens een 'gewogen gemiddelde' relatief risico berekend. In het rekenvoorbeeld bedraagt dit: 1,05

Met het in de tweede stap berekende RR is het attributief risico percentage (AR%) berekend, volgens de formule:

$$AR\% = \left(\frac{RR-1}{RR} \right) * 100\%$$

In het rekenvoorbeeld bedraagt het AR%: 4,38 %

Door het AR% te vermenigvuldigen met het in de eerste stap aantal berekende prevalentie cases, kan het aantal cases worden berekend dat is toe te schrijven aan lawaai.

Tabel 5. Tabel behorend bij het rekenvoorbeeld berekening aantal myocard infarcten toe te schrijven aan geluid.

Geluidklasse	Gemiddelde geluidniveau (dB(A))	Blootgestelden (%)	Absoluut aantal blootgestelden	RR ¹⁾	RR* aantal
< 40	38	28,68			
41 – 45	43	16,94			
46 – 50	48	19,23			
51 – 55	53	16,87	652.236	1,02	665.838
56 – 60	58	12,76	493.334	1,06	521.248
61 – 65	63	4,98	192.539	1,09	210.554
66 – 70	68	0,55	21.264	1,13	25.069
71 – 75	73	0,00			
76 – 80	78	0,00			
> 80	83	0,00			
Totaal			1.359.374		1.421.707

1) RR berekend met behulp van $\beta = 0,03$ per 5 dB(A). De β was geldig tussen 51 en 80 dB(A) voor mannen van 31 tot 70 jaar. Prevalentie in Nederland: 33,26 per 1000

3.5 Aanvullende schattingen met betrekking tot hart- en vaatziekten

Om na te gaan wat de invloed is van de geschatte prevalentie aantallen op de sterfte en incidentie en ziektelast in termen van DALY's, zijn aanvullende berekeningen verricht. Hiervoor is gebruik gemaakt van het Chronisch Ziekte-model (Hoogenveen et al., 1998). Dit is een wiskundig model waarmee veranderingen van de gezondheidstoestand ten gevolge van veranderingen in de determinanten daarvan, gesimuleerd kunnen worden. Het model beschrijft de demografische en epidemiologische veranderingen van de bevolking en is afgeleid van de 'life table' (overlevingstafel).

Er zijn twee modelversies gebruikt, één met hypertensie als geluidgerelateerde determinant voor coronaire hartziekten (CHD) en cardiovasculair accident (CVA) en één met angina pectoris (AP) als geluidgerelateerde determinant voor acuut myocard infarct (AMI). In de eerste modelversie is het effect berekend van de prevalentie van hypertensie op de cumulatieve incidentie en sterfte van AMI, AP, CVA en andere doodsoorzaken. Ook is de ziektelast in termen van DALY's bepaald. In de tweede modelversie zijn de incidentie en sterfte van AMI en overige doodsoorzaken berekend ten gevolge van de prevalentie van AP. Een en ander wordt verduidelijkt in figuur 4. Uit de relatieve risico's voor totale en oorzakspecifieke sterfte is een relatief risico voor overige oorzaken berekend. De relatieve risico's van hypertensie voor totale sterfte, sterfte aan CHD en aan CVA en die van AP voor AMI zijn verkregen uit de literatuur.

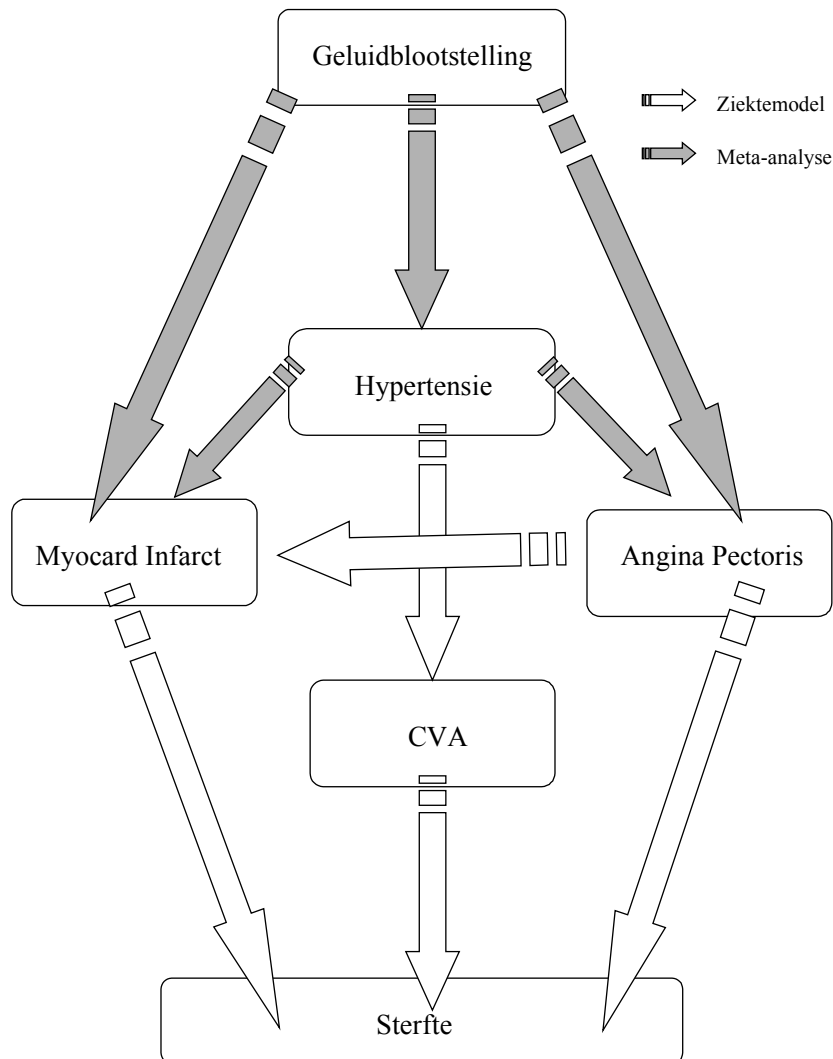
Het model is doorgerekend voor statische cohorten. Dat wil zeggen dat alle cohorten vanaf het beginjaar doorgerekend zijn en dat de samenstelling ervan niet verandert door migratie. Er komen ook geen nieuwe cohorten bij door geboorte. De ziekte, sterfte en ziektelast toewijsbaar aan geluid via hypertensie respectievelijk AP zijn berekend analoog aan de definitie van populatie-attributieve risico's. Eerst is het model doorgerekend uitgaande van de empirische prevalenties van hypertensie en AP, vervolgens uitgaande van de berekende prevalenties als er géén verhoogde geluidsblootstelling zou zijn. Het verschil kan worden geïnterpreteerd als het effect toeschrijfbaar aan geluid.

Tabel 6. Gebruikte relatieve risico's

Risicofactor	Geslacht	Acuut Myocard Infarct	Angina Pectoris	Cardiovasculair Accident	Totaal
Hypertensie	M	2,0 [#]	2,0	3,8	1,5
	V	2,2	2,2	2,6	1,5
Angina Pectoris	M	5,4			
	V	5,4			

#) Het risico voor een man met hypertensie om een myocard infarct te krijgen

De verloren levensjaren ten gevolge van sterfte ('sterfte DALY's') zijn berekend door de leeftijdspecifieke sterfte-aantallen te vermenigvuldigen met de bijbehorende resterende levensverwachting. De resterende levensverwachting is berekend met behulp van een overlevingstafel met daarin toegepast de empirische populatie-sterftcijfers. De verloren voor kwaliteit van leven gecorrigeerde ziektejaren ('ziekte-DALY's') zijn berekend door de ziekte-specifieke prevalentie-aantallen te vermenigvuldigen met de bijbehorende wegingsfactoren. Deze wegingsfactoren zijn ontwikkeld in de Global Burden of Disease (GBD) studie (Murray en Lopez, 1996) en bedroegen 0,3954, 0,0951 en 0,2240 voor respectievelijk acuut myocard infarct, angina pectoris en CVA.



Figuur 4. Schematische weergave aanvullende berekeningen met behulp van het Chronische Ziektemodel.

3.6 Berekening maximaal aantal toe te schrijven gevallen

Bij de berekening van het aantal toe te schrijven gevallen wordt onderscheid gemaakt tussen (i) effecten waarvoor een al dan niet significante verhoging van het risico is gevonden en (ii) effecten waarvoor een beschermende tendens is gevonden. Tot nu toe hebben we alleen gerekend met de effecten waarvoor een verhoging van het risico is gevonden. Voor de volledigheid is ook met de effecten gerekend waarvoor een beschermende tendens is gevonden. Voor deze effecten zal met de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de bèta worden gerekend (zie tabel 7) wat zal resulteren in maximaal toe te schrijven aantallen.

Tabel 7. Gebruikte bèta's ter berekening van het maximaal aantal toe te schrijven gevallen voor effecten waarvoor een beschermende tendens is gevonden.

Bron	Effect	Bèta per 5 dB(A)^{a)}
Weg	Hypertensie	-0,05 (-0,17 – 0,08)
	Gebruik antihypertensiva	-0,04 (-0,27 – 0,20)
	Angina Pectoris	-0,01 (-0,17 – 0,15)
	Raadpleging	-0,09 (-0,31 – 0,11)
Vliegverkeer	Gebruik antihypertensiva	-0,01 (-0,14 – 0,13)

a) Bèta met 95 % betrouwbaarheidsinterval. De bovengrenzen worden gebruikt om het maximaal aantal toe te schrijven gevallen te berekenen. In bijlage 2 is terug te vinden hoe ze tot stand zijn gekomen.

3.7 Onzekerheidsanalyse

De verschillende aannames en onzekerheden en hun invloed op de einduitkomst zijn zowel deterministisch als probabilistisch onderzocht. Deterministisch wil zeggen dat steeds de waarde van een parameter varieert, terwijl de andere parameters gelijk blijven. Op deze manier kan de invloed van verschillende aannames en/of scenario's worden bekeken. Bij de probabilistische manier wordt gebruikgemaakt van Monte Carlo simulaties. Hierbij wordt de spreiding in einduitkomsten gegenereerd door gelijktijdig gebruik te maken van de variatie in alle parameters.

3.7.1 Verschillende scenario's doorgerekend

Populatie

Verschillende populaties worden doorgerekend. Het is immers voorstelbaar dat andere delen van de populatie die bijvoorbeeld wat ouder zijn en/of zijn blootgesteld aan hogere geluidsniveaus dan de populatie waarop de dosis-effectrelatie hier is toegepast ook effecten ondervinden. Eerst zal worden nagegaan wat er gebeurt wanneer de dosis-effectrelaties worden toegepast op een populatie die is blootgesteld aan een andere geluidsrage. Vervolgens worden de dosis-effectrelaties toegepast op een populatie met andere samenstelling.

Referentie-punten

Ter berekening van de ziektelast is alles doorgerekend ten opzichte van 50 dB(A). Om na te gaan wat de invloed is van de keuze is van dit referentie-punt zullen ook een aantal andere referentiepunten, die hoger liggen worden doorgerekend.

3.7.2 Monte Carlo simulaties

In paragraaf 3.4 werd reeds beschreven hoe het aantal personen met hypertensie en/of ischemische hartziekte toe te schrijven aan de blootstelling aan vliegtuig- of verkeersgeluid, kan worden geschat. Het gaat om een (algemeen) model zoals dat geldt voor een populatie, waarin de volgende parameters kunnen worden onderscheiden:

- De prevalentie van de aandoening in de populatie ($prev$);
- De omvang van de populatie waarop de berekening betrekking heeft (N);
- De natuurlijke logaritme van het relatief risico per 5 dB(A) ($beta_g$);
- De k fractie-grootten met betrekking tot de blootstelling (f_k);
- De k klassenzwaartepunten van de blootstelling (exp_k).

Voor de onzekerheidsanalyse is gebruik gemaakt van een Monte Carlo simulatie: de berekening wordt 1000 maal uitgevoerd, waarbij de hierboven genoemde parameters steeds een andere waarde hebben. Deze waarden worden willekeurig (at random) uit de bij de parameters passende kansverdelingen getrokken. De keuze van de kansverdeling is gebaseerd op de gegevens (met betrekking tot waarde, onzekerheid en totstandkoming) die over de betreffende parameter bekend zijn. Bij een goed gekozen probabilistisch model geeft de spreiding in de uitkomsten een goed beeld van de spreiding in mogelijke werkelijke uitkomsten, en daarmee van de onzekerheid in de gevonden uitkomst (puntschattingen zoals berekend in paragraaf 3.4). De keuze voor de verschillende kansverdelingen is sterk bepalend voor het beeld van de spreiding. Hoe beter de brongegevens beschreven zijn, hoe beter de juiste kansverdelingen voor de verschillende modelparameters gekozen kunnen worden, en hoe beter de gesimuleerde spreiding overeen zal komen met de werkelijke spreiding.

Motivering gekozen verdelingen voor de verschillende model parameters

Aan de gemaakte keuzen om een bepaalde verdeling te gebruiken hebben de volgende overwegingen ten grondslag gelegen:

- N : gegevens over de omvang van de populatie zijn afkomstig van het CBS, gebaseerd op de Gemeentelijke Basis Administratie. Er mag vanuit worden gegaan dat dit betrouwbaar is. N is dan ook als een constant gegeven opgenomen in het model;
- $beta_g$: de inputs zijn puntschatters met een standard error, afkomstig uit een meta-analyse; ze zijn met behulp van een lineair model bepaald en zullen daarom worden gemodelleerd met een normale verdeling;
- $Prev$: het al dan niet vertonen van een gezondheidseffect kan worden beschouwd als de uitkomst van een binomiaal proces: met een bepaalde kans wordt je wel of niet ziek. De parameters p en N van het binomiale proces worden gegeven door respectievelijk de betreffende prevalentie en de populatie-omvang. De onzekerheid in de empirisch bepaalde prevalentie kan gemodelleerd worden met behulp van een bèta-

verdeling. De parameters van de bèta-verdeling worden gegeven door de aantallen waarop de prevalentie is bepaald.⁷

- f_k : hierbij is er van uitgegaan dat het al of niet terechtkomen in één van de blootstellingsklassen de uitkomst is van een multinomiaal proces. Voor de bijbehorende multinomiale verdeling drukt f_k dan de kans uit om in klasse k terecht te komen. De Dirichlet-verdeling heeft voor de multinomiale verdeling dezelfde betekenis als de bèta-verdeling voor de binomiale verdeling. De Dirichlet-verdeling wordt daarom gebruikt om de onzekerheden in de empirisch bepaalde fracties te modelleren.
- \exp_k : er wordt steeds gerekend met de klassengemiddelden. De onzekerheid ontstaat bij de toewijzing van een geluidbelastingniveau aan een specifieke locatie. De ‘locatie-specifieke’ onzekerheid bedraagt $\pm 2,5$ dB(A). Het aantal locaties is kleiner dan het aantal individuen in de populatie; immers meerdere personen kunnen woonachtig zijn op 1 adres. Er is voor gekozen met deze afhankelijkheid van waarnemingen geen rekening te houden in het model, waardoor het model de onzekerheid in de blootstelling licht overschat (conservatieve keuze). Volgens de Centrale Limietstelling zal bij voldoende aantallen blootgestelden per klasse het klassengemiddelde normaal verdeeld zijn (Vose, 2000). De keuze van de standaardfout voor het klassengemiddelde is gecontroleerd aan de hand van histogrammen van de door het model gegenereerde blootstellingsverdeling over de populatie.

Tabel 8. Gebruikte verdelingen

Parameter	Gebruikte verdeling	Verdelingsparameters
N	-	N wordt constant verondersteld
Beta _g	Normaal	$\mu = n\beta$; $\delta = n\sigma$
Prev	Bèta	S=prev; N=per
f_k	Dirichlet ^a	S=fractie _k * N; N=N
Exp _k	Normaal	$\mu = \text{zwaartepunt}_k$; $\delta = 2,5/\sqrt{n_k}$ ^b

- a) In feite is de bèta-verdeling serieel toegepast. Dit is niet exact hetzelfde als een echte Dirichlet-verdeling, maar het verschil is bij deze toepassing verwaarloosbaar;
- b) De ‘locatie-specifieke onzekerheid’ bedraagt $\pm 2,5$ dB(A). Daarom is δ gelijk aan 2,5 gesteld, gedeeld door de wortel van n_k , omdat het klassengemiddelde wordt gemodelleerd.

⁷ Een prevalentie van 112 per 1000 kan bijv. zijn berekend uit een onderzoek waarbij 560 gevallen werden gevonden in een populatie van 5000. Dit is een zekerder gegeven dan een prevalentie die is gebaseerd op 56 gevallen in een populatie van 500.

4 Resultaten

4.1 Blootstellingsverdelingen

In tabel 9-1 en 9-2 worden de blootstellingsverdelingen van de blootstelling aan lawaai ten gevolge van respectievelijk binnenstedelijk wegverkeer en vliegverkeer voor 1995 en 2030 zoals berekend met het Landelijk Beeld Verstoring, gepresenteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor vastgesteld beleid (EC-scenario) (Dassen et al., 2000).

Tabel 9-1. De geluidbelasting in Nederland in 1995 veroorzaakt door binnenstedelijk wegverkeer en door vliegverkeer per dB(A)-klasse, uitgedrukt in procenten van de bevolking (Dassen et al., 2000).

Geluidklasse (dB(A))	Binnenstedelijk wegverkeer (%)	Vliegverkeer (%)
< 40	28,68	81,30
41 – 45	16,94	3,40
46 – 50	19,23	8,99
51 – 55	16,87	4,72
56 – 60	12,76	1,38
61 – 65	4,98	0,17
66 – 70	0,55	0,03
71 – 75	0,00	0,00
76 – 80	0,00	0,00
> 80	0,00	0,00

Tabel 9-2. De geluidbelasting in Nederland in 2030 veroorzaakt door binnenstedelijk wegverkeer en door vliegverkeer per dB(A)-klasse, uitgedrukt in procenten van de bevolking (Dassen et al., 2000).

Geluidklasse (dB(A))	Binnenstedelijk wegverkeer (%)	Vliegverkeer (%)
< 40	29,77	66,13
41 – 45	14,24	8,97
46 – 50	18,20	10,26
51 – 55	17,42	9,74
56 – 60	12,83	4,16
61 – 65	6,03	0,60
66 – 70	1,33	0,12
71 – 75	0,08	0,01
76 – 80	0,00	0,00
> 80	0,00	0,00

In 1995 zijn de meeste mensen blootgesteld aan geluidniveaus lager dan 60 dB(A). Voor wat betreft de geluidbelasting veroorzaakt door wegverkeer verandert in 2030 niet zoveel in de blootstelling. De geluidbelasting door vliegverkeer neemt veel sterker toe: het percentage

mensen blootgesteld aan geluidniveaus van meer dan 50 dB(A) zal naar verwachting verdubbelen.

4.2 Aantal toe te schrijven gevallen

Volgens de procedure, beschreven in paragraaf 3.4, is een schatting gemaakt van het aantal ziektegevallen toe te schrijven aan geluid (zie ook tabel 10-1 en 10-2).

Tabel 10-1. Resultaat van berekening van het aantal ziektegevallen toe te schrijven aan geluid voor 1994.

Bron	Effect ^{g)}	Expositie (dB(A)) ^{h)}	Populatie ^{a)}	RR ^{b)}	Aantal gevallen ^{c)}
Wegverkeer	Myocard infarct ^{f)}	51-80	M, 31-70 jr.	1,05 (0,97 – 1,13)	1982 (0 – 5119)
	IHD	51-70	M, 45-63 jr.	1,12 (1,06 – 1,18)	2644 (1485 – 3764)
Vliegverkeer	Hypertensie ^{d)}	55-77	Personen van 20 jr. en ouder	1,24 (1,13 – 1,37)	16502 (9604 – 23020)
	Angina pectoris ^{e)}	55-77	M&V, 35-64 jr.	1,02 (0,91 – 1,17)	188 (0 – 1160)
	Raadpleging	55-77	NL-bevolking	1,09 (0,96 – 1,25)	14026 (0 – 32037)
	Hartvaatmiddelen	37-77	NL-bevolking	1,05 (0,99 – 1,09)	4066 (0 – 8021)

a) Populatie waarvoor effect is geschat.

b) Relatief Risico met 95% betrouwbaarheidsinterval. Berekend met behulp van de bèta's geschat uit de meta-analyse geluid en hart- en vaatziekten, zoals beschreven in paragraaf 2.2 en bijlage 2.

c) Aantal toe te schrijven gevallen met 95% betrouwbaarheidsinterval.

d) Het gaat hier om essentiële hypertensie, waarbij de volgende definitie wordt gehanteerd: men spreekt over hypertensie als de systolische bloeddruk groter of gelijk is dan 165 mmHg en/of als de diastolische bloeddruk groter of gelijk is aan 95 mmHg en/of het gebruik van anti-hypertensiva.

e) Iemand wordt beschouwd als lijdend aan angina pectoris als er klachten (pijn, onaangenaam gevoel) zijn in de borst die speciaal optreden bij lichamelijke activiteiten. De klachten zijn voor de angina pectoris-lijder aanleiding om zijn/haar inspanning te staken, waarna ze binnen 10 minuten ophouden (WHO-definitie).

f) Vastgesteld met behulp van de LSH-pain questionnaire

g) Voor een beschrijving van de ziektebeelden zie bijlage 3

h) Expositie-range zoals gemeten in de studies die meedoen in de meta-analyse

Tabel 10-2. Resultaat van berekening van het aantal ziektegevallen toe te schrijven aan geluid voor 2030.

Bron	Effect ^{a)}	Expositie (dB(A)) ^{b)}	Populatie ^{a)}	RR ^{b)}	Aantal gevallen ^{c)}
Wegverkeer	Myocard infarct ^{d)}	51-80	M, 31-70 jr.	1,05 (0,97 – 1,14)	2259 (0 – 5832)
	IHD	51-70	M, 45-63 jr.	1,13 (1,07 – 1,19)	2990 (1680 – 4256)
Vliegverkeer	Hypertensie ^{d)}	55-77	Personen van 20 jr. en ouder	1,27 (1,14 – 1,42)	42437 (24778 – 58990)
	Angina pectoris ^{e)}	55-77	M&V, 35-64 jr.	1,03 (0,90 – 1,19)	487 (0 – 2990)
	Raadpleging	55-77	NL-bevolking	1,11 (0,95 – 1,28)	36219 (0 – 82369)
	Hartvaatmiddelen	37-77	NL-bevolking	1,05 (0,99 – 1,11)	10515 (0 – 20712)

- a) Populatie waarvoor effect is geschat.
b) Relatief Risico met 95% betrouwbaarheidsinterval. Berekend met behulp van de bèta's geschat uit de meta-analyse geluid en hart- en vaatziekten, zoals beschreven in paragraaf 2.2 en bijlage 2.
c) Aantal toe te schrijven gevallen met 95% betrouwbaarheidsinterval.
d) Het gaat hier om essentiële hypertensie, waarbij de volgende definitie wordt gehanteerd: men spreekt over hypertensie als de systolische bloeddruk groter of gelijk is dan 165 mmHg en/of als de diastolische bloeddruk groter of gelijk is aan 95 mmHg en/of het gebruik van anti-hypertensiva.
e) Iemand wordt beschouwd als lijdend aan angina pectoris als er klachten (pijn, onaangenaam gevoel) zijn in de borst die speciaal optreden bij lichamelijke activiteiten. De klachten zijn voor de angina pectoris-lijder aanleiding om zijn/haar inspanning te staken, waarna ze binnen 10 minuten ophouden (WHO-definitie).
f) Vastgesteld met behulp van de LSH-pain questionnaire.
g) Voor een beschrijving van de ziektebeelden zie bijlage 3.
h) Expositie-range zoals gemeten in de studies die meedoen in de meta-analyse

De geschatte aantallen variëren in omvang: van nul tot enkele tienduizenden. Wanneer 1994 met 2030 wordt vergeleken, verandert er voor wegverkeer niet veel. Het aantal gevallen toe te schrijven aan vliegverkeerlawaaï neemt daarentegen fors toe.

4.3 Berekende ziektelast

In tabel 11 en 12 worden de extra incidentie cases en sterfgevallen gepresenteerd die zijn toe te schrijven aan hypertensie, angina pectoris en myocard infarct ten gevolge van de blootstelling aan wegverkeer en/of vliegverkeer. Het gaat in deze tabellen om gemiddelde aantallen met 95% betrouwbaarheidsintervallen.

Tabel 11. Extra incidentie en sterfte toe te schrijven aan prevalentie cases myocard infarct ten gevolge van wegverkeer.

Aandoening	Incidentie		Sterfte	
	1995	2030	1995	2030
AMI	0	2252 (0 – 5274)	46 (0 – 108)	55 (0 – 130)

Ten gevolge van de geschatte myocard infarcten in 1994 zullen in 1995 tientallen extra sterfgevallen optreden.

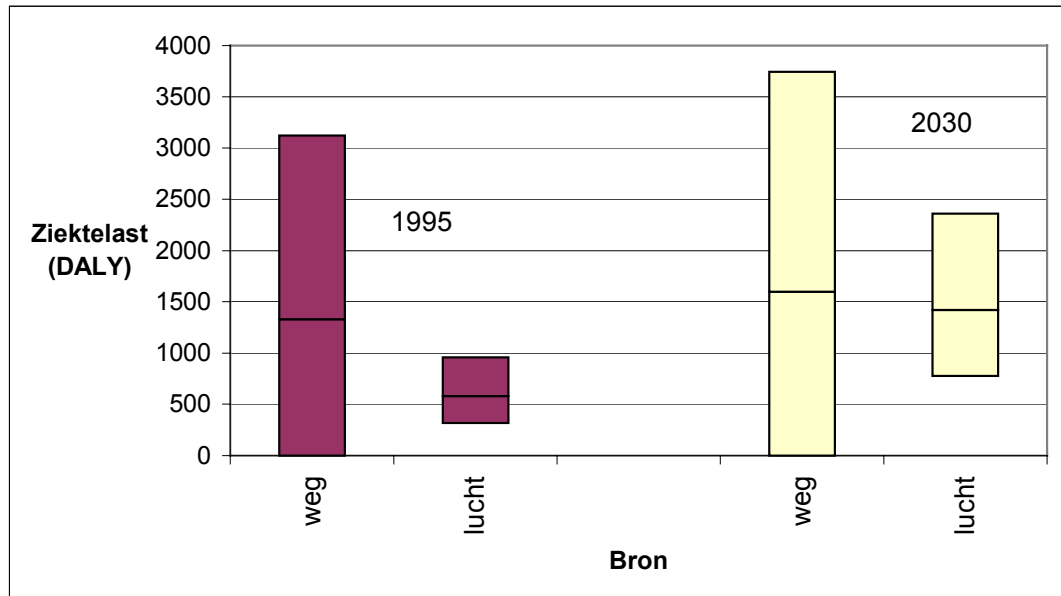
Tabel 12-1. Extra incidentie en sterfte toe te schrijven aan prevalentie hypertensie ten gevolge van vliegverkeer

Aandoening	Incidentie		Sterfte	
	1995	2030	1995	2030
AMI	40 (23 – 56)	103 (60 – 144)	9 (5 – 13)	20 (12 – 28)
AP	46 (27 – 64)	118 (69 – 165)	0 (0 – 1)	0
CVA	56 (33 – 78)	144 (84 – 201)	10 (6 – 14)	15 (9 – 21)
Rest	-	-	29 (17 – 40)	80 (47 – 111)

Tabel 12-2. Extra incidentie en sterfte toe te schrijven aan prevalentie angina pectoris ten gevolge van vliegverkeer

Aandoening	Incidentie		Sterfte	
	1995	2030	1995	2030
AMI	2 (0 – 10)	4 (0 – 23)	0 (0 – 1)	0 (0 – 3)
AP	0	485 (0 – 2850)	1 (0 – 5)	2 (0 – 13)
CVA	0	0	0	0
Rest	-	-	0	0

Uit bovenstaande tabellen wordt duidelijk dat de geschatte aantallen van invloed zijn op de morbiditeit en mortaliteit van aandoeningen als acuut myocard infarct, angina pectoris en cardiovasculaire accidenten. Ten gevolge van de blootstelling aan wegverkeer- en/of vliegverkeerlawaai zal de ziektelast dan ook toenemen (zie ook figuur 5). Net als in tabel 11 en 12 gaat het hier ook om de gemiddelde ziektelast en 95% betrouwbaarheidsintervallen.



Figuur 5. Extra ziektelast (DALYs) in 1995 en 2030 als gevolg van de extra gevallen van hypertensie, angina pectoris en myocard infarct, toe te schrijven aan de blootstelling aan wegverkeerlawaai en/of vliegverkeerlawaai. De streepjes in de balk geven het gemiddelde weer en de lengte van de balk representeert het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

4.4 Maximaal toe te schrijven aantallen

De getallen in tabel 10 zijn gebaseerd op effecten waarvoor een al dan niet significant verhoogd risico is gevonden. In onderstaande tabel worden voor de volledigheid de maximaal toe te schrijven aantallen gepresenteerd voor die effecten waarvoor geen verhoging is gevonden.

Tabel 13. *Maximaal^{c)} toe te schrijven aantallen voor 1994 voor de effecten waarvoor geen verhoogd risico is gevonden in de meta-analyse geluid en hart- en vaatziekten.*

Bron	Effect	Expositie (dB(A))	Populatie ^{a)}	RR	Max. aantal gevallen ^{b, c)}
Wegverkeer	Hypertensie	55-73	M&V, ouder dan 20 jr.	0,94 (0,81 – 1,11)	47.683
	Gebruik antihypertensiva	55-70	M&V, 20-59 jr.	0,95 (0,72 – 1,31)	27.380
	Angina pectoris	51-70	M, 45-63 jr.	0,99 (0,81 – 1,22)	4.661
	Raadpleging	55-70	V, 40-49 jr.	0,89 (0,69 – 1,16)	8.900
Vliegverkeer	Gebruik antihypertensiva	55-77	M&V, 20-59 jr.	0,99 (0,89 – 1,12)	2.273

a) Populatie waarvoor effect geschat is.

b) Relatief risico met 95% betrouwbaarheidsinterval. Berekend met behulp van de beta's geschat uit de meta-analyse geluid en hartvaatziekten, zoals beschreven in paragraaf 2.2.

c) Maximaal aantal toe te schrijven gevallen. Het gaat hier om de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval.

Uit tabel 13 blijkt dat het maximaal aantal toe te schrijven gevallen afneemt met de ernst van het effect.

4.5 Onzekerheidsanalyse

4.5.1 Scenario's

In tabel 14, 15 en 16 wordt de invloed van een aantal aannames en keuzes die zijn gemaakt, getoond.

Tabel 14. Schattingen ingeval de populatie aan verschillende geluidranges is blootgesteld.

Bron	Effect	Geluidrange waaraan populatie is blootgesteld (dB(A))	Aantal gevallen ^{a)}
Wegverkeer	Myocard infarct	51 – 80	1982 (0 – 5119)
		51 – 70	1982 (0 – 5119)
		51 – 60	1333 (0 – 3447)
		61 – 80	631 (0 – 1551)
Luchtvaart	Raadpleging	51 – 80	14026 (0 – 32037)
		51 – 70	13977 (0 – 31906)
		51 – 60	12511 (0 – 28449)
		61 – 80	1327 (0 – 2646)

a) Het gaat om gemiddelde aantallen met 95% betrouwbaarheidsinterval.

Uit tabel 14 blijkt dat het nogal wat uitmaakt welke geluidrange wordt doorgerekend. Neem je een hogere range (60-80 dB(A)) dan zal het risico op een effect toenemen. Echter, omdat in deze klassen relatief weinig mensen zitten, neemt het aantal gevallen af.

Tabel 15. Schatting van aantal gevallen van myocard infarct toe te schrijven aan wegverkeerlawaai, ingeval de dosis-effectrelatie wordt toegepast op een populatie blootgesteld aan 51-80 dB(A) die van samenstelling verandert.

Bevolkingsgroep die is doorgerekend	Gebruikte prevalentie (per 1000) ^{c)}	Omvang bevolkingsgroep ^{a)}	Toe te schrijven aantallen ^{b)}	%
Mannen, 30-70 jr.	33,26	3.866.250	1982 (0 – 5119)	0,15
M&V, 30-70 jr.	20,56	7.688.903	2437 (0 – 6293)	0,09
M&V, > 30 jr.	38,97	9.077.475	5453 (0 – 14082)	0,17
NL-bevolking	14,06	15.341.553	3325 (0 – 8587)	0,06

a) Bron: CBS

b) Gemiddelde met 95% betrouwbaarheidsinterval.

c) Berekend uit geslacht- en leeftijdspecifieke 'gemiddeldes' van de Continue Morbiditeitsregistratie en het Registratienetwerk uit Hoogenveen et al, 1998.

De relatie tussen blootstelling aan wegverkeerslawaai is in een drietal studies onderzocht. Alleen mannen van 30-70 jaar werden daarbij bestudeerd. Wanneer de resultaten van deze studies alleen maar op een vergelijkbare populatie worden toegepast krijgt men (absoluut

gezien) kleinere aantallen dan wanneer de resultaten op de Nederlandse populatie worden toegepast. Relatief gezien ligt dit wat anders (laatste kolom van tabel 15).

Verder is het ook nog mogelijk om alles ten opzichte van verschillende referentiepunten door te rekenen. Er is in eerste instantie voor gekozen om alles te schatten ten opzichte van de situatie dat iedereen aan 50 dB(A) zou zijn blootgesteld. Tabel 16 laat voor wegverkeer zien dat de keuze van het referentiepunt ook van invloed kan zijn op de waarde van de uiteindelijke schattingen.

Tabel 16. Invloed van de keuze van het referentie punt voor wegverkeer op toe te schrijven aantal gevallen.

Effect	Referentie-punt (dB(A)) ^{a)}		
	50 dB(A)	53 dB(A)	55 dB(A)
Myocard infarct	1982 (0 – 5119)	1081 (0 – 2869)	469 (0 – 1299)
Ischem. Hartziekten	2644 (1485 – 3764)	1478 (815 – 2143)	66 (357 – 993)

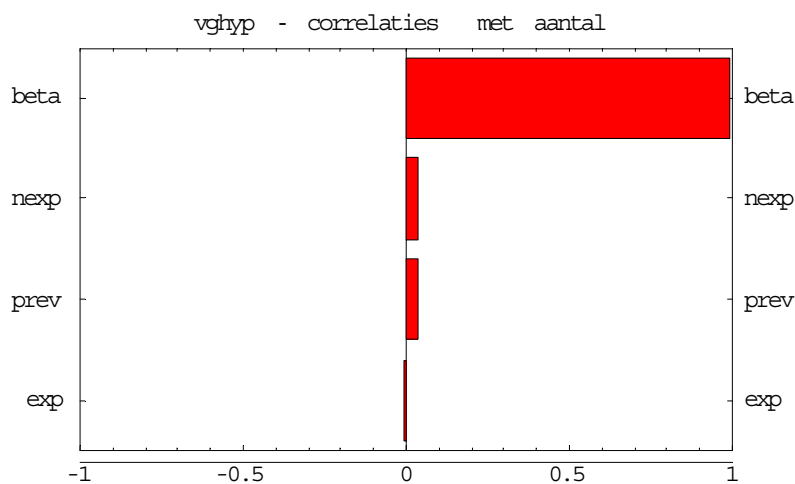
a) Het gaat om gemiddelde aantallen met 95% betrouwbaarheidsintervallen

Hoe lager het referentie-punt, hoe meer gevallen. Op zich is dit niet zo vreemd: meer mensen doen mee in de berekening.

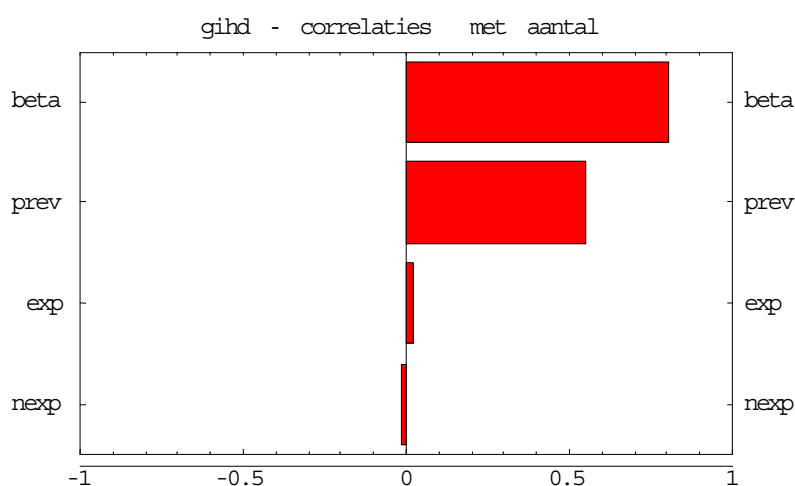
4.5.2 Probabilistische analyse

De Monte Carlo simulaties leveren een set met mogelijke uitkomsten op, met bijbehorende parameter waarden. Hiermee wordt het mogelijk om, door middel van het analyseren van de samenhang tussen de inputwaarden en uitkomsten, te bekijken welke invloed de in paragraaf 3.7.2 genoemde parameters hebben op de einduitkomst van de schattingen.

Figuur 6 toont de Spearman-correlaties tussen de inputwaarden en de uitkomsten in volgorde van afnemende absolute grootte voor hypertensie ten gevolge van vliegtuiglawaai en ischemische hartziekten (IHD-totaal) ten gevolge van wegverkeerlawaai. Omdat in veel gevallen een trechtervormige figuur ontstaat, spreekt men in dit geval ook wel over een Tornado-plot. In figuur 6 is te zien dat de correlatie tussen de dosis-effectrelatie (afkomstig van de meta-analyse) en het berekende aantal veruit het grootst is. Verder is duidelijk te zien dat de onzekerheid in het blootstellingsniveau (exp) veel minder invloed heeft op de uitkomst. De Tornado-plotjes voor de andere effecten vertoonden een vergelijkbare vorm.

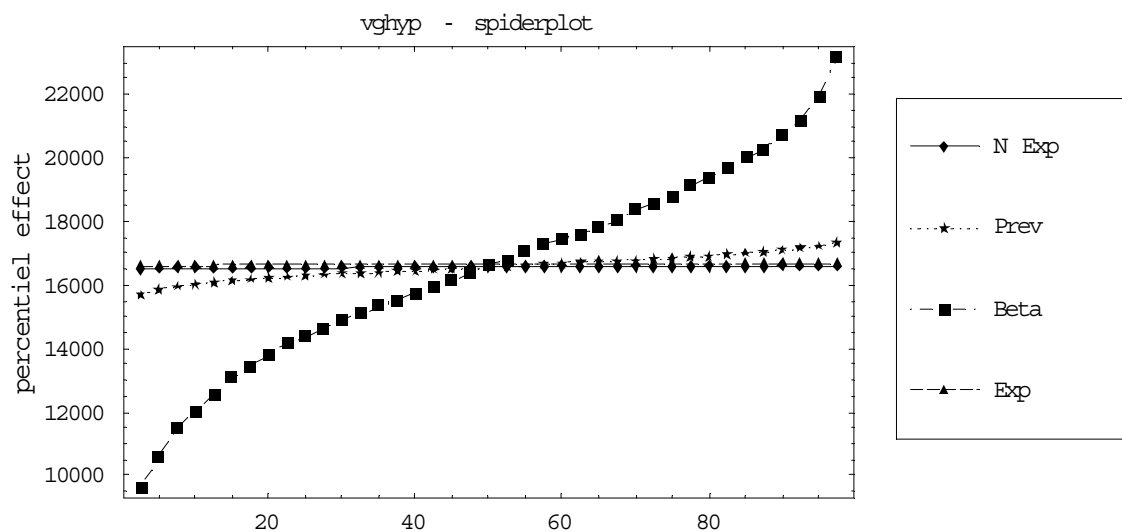


Figuur 6.1 Tornado-plot voor hypertensie, toe te schrijven aan vliegverkeerlawaai.

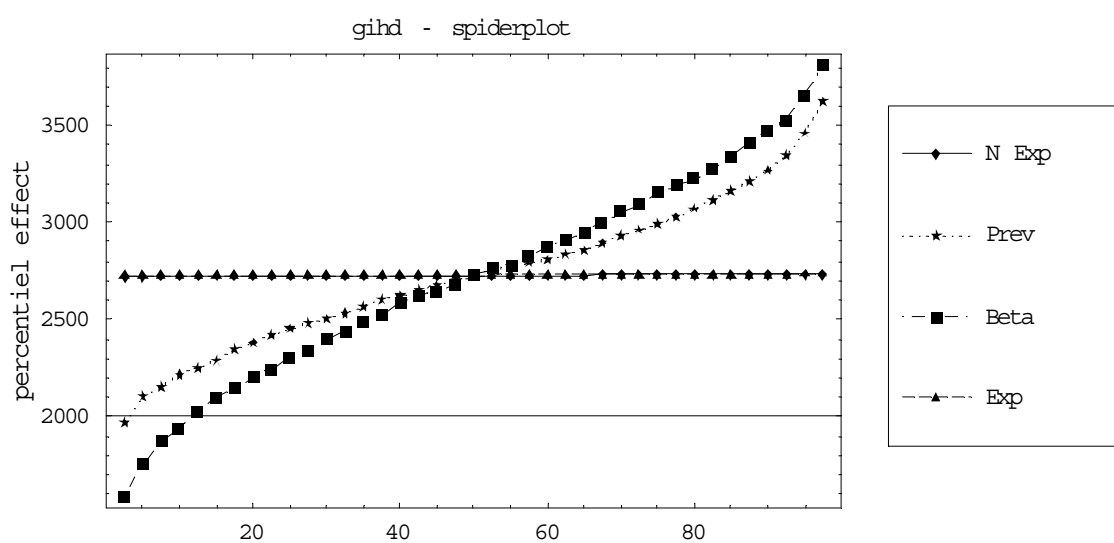


Figuur 6.2 Tornado-plot voor ischemische hartziekten (IHZ-totaal), toe te schrijven aan wegverkeerlawaai.

In figuur 7 zijn lijngrafiekjes te zien met voor elke parameter de geschatte aantallen die horen bij een reeks van percentielwaarden, wanneer alle overige parameters constant worden gehouden (op hun mediane waarde). Men spreekt ook wel over Spider-plots. De Spider-plot laat zien welke invloed een parameter, over de gehele range genomen, heeft op de spreiding in de geschatte aantallen. Omdat wordt gewerkt met percentielwaarden (relatieve range) kunnen de invloeden van de verschillende parameters met elk hun eigen absolute range in één plot tegen elkaar worden uitgezet. De Spider-plot laat hetzelfde beeld zien als de in Tornado-plot: de spreiding in eindwaarden is het grootst over de range van bèta-waarden. Er is een kleine invloed van de spreiding in de prevalentie zichtbaar, maar de invloed van het aantal blootgestelden (N en exp) en het blootstellingsniveau zijn ook hier nauwelijks zichtbaar.



Figuur 7.1 Spider-plot voor hypertensie, toe te schrijven aan vliegverkeerlawaaai.



Figuur 7.2 Spiderplot voor ischemische hartziekten (IHZ-totaal), toe te schrijven aan wegverkeerlawaaai.

Vergelijken we de resultaten van de puntschattingen (zoals gepresenteerd in tabel 10) met de resultaten van de probabilistische analyse (percentielwaardes), dan zien we dat deze resultaten (voor wat betreft gemiddelde en 95% betrouwbaarheidsinterval) redelijk overeenkomen met de geschatte verdelingen (zie ook tabel 17).

Tabel 17.1. Resultaten van de Monte Carlo simulatie vergeleken met de puntschattingen voor de verschillende effecten toe te schrijven aan wegverkeer

Effect	Puntschatting		Percentielwaardes Monte Carlo simulatie	
	Gemiddelde	95% BI ¹		
Myocard infarct	1.982	0 – 5.119	Minimum	0
			2,5 %	0
			5 %	201
			50 %	2.104
			Gemiddelde	2.088
			95 %	3.932
			97,5 %	4.248
			Maximum	5.365
Ischemische hartziekten	2.644	1.485 – 3.764	Minimum	782
			2,5 %	1.396
			5 %	1.568
			50 %	2.672
			Gemiddelde	2.716
			95 %	3.953
			97,5 %	4.165
			Maximum	5.177

1) 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

Tabel 17.2 Resultaten van de Monte Carlo simulatie vergeleken met de puntschattingen voor de verschillende effecten toe te schrijven aan vliegverkeer

Effect	Puntschatting		Percentielwaardes Monte Carlo simulatie	
	Gemiddelde	95% BI ¹		
Hypertensie	16.502	9.604 – 23.020	Minimum	3.345
			2,5 %	9.414
			5 %	10.611
			50 %	16.533
			Gemiddelde	16.451
			95 %	21.925
			97,5 %	22.760
			Maximum	26.054
Angina Pectoris	188	0 – 1.160	Minimum	0
			2,5 %	0
			5 %	0
			50 %	201
			Gemiddelde	319
			95 %	1.021
			97,5 %	1.175
			Maximum	1.688
Raadpleging arts	14.026	0 – 32.037	Minimum	0
			2,5 %	0
			5 %	0
			50 %	13.159
			Gemiddelde	13.392
			95 %	28.651
			97,5 %	31.699
			Maximum	44.164
Gebruik hartvaatmiddelen	4.066	0 – 8.021	Minimum	0
			2,5 %	0
			5 %	264
			50 %	3.981
			Gemiddelde	4.078
			95 %	7.944
			97,5 %	8.765
			Maximum	10.823

1) 95% BI: 95% betrouwbaarheidsinterval

5 Discussie

In dit rapport is in het kader van de Vijfde Milieuverkenningen een schatting gemaakt van de ziektelast die mogelijk wordt veroorzaakt door de blootstelling aan geluid.

Wanneer we naar de relatie tussen geluid en hartvaatziekten kijken, valt op dat het om effecten met een uiteenlopende gezondheidkundige betekenis gaat (zie ook bijlage 3). In een meta-analyse naar de mogelijke relatie tussen geluidblootstelling en ischemische hartziekten, werd geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn dat de blootstelling aan geluid kan bijdragen aan de prevalentie van hart- en vaatziekten (Van Kempen et al., 2001). Echter, vanwege beperkingen in de blootstellingkarakterisering, controle voor mogelijke confounders en de mogelijke aanwezigheid van publicatie bias, is het bewijs dat er een relatie tussen geluidblootstelling en ischemische hartziekten is, niet doorslaggevend.

Wanneer schattingen voor 2030 worden vergeleken met die van 1994, dan is een forse toename te zien van het aantal aan geluid van vliegverkeer toe te schrijven ziektegevallen (tabel 10) en ziektelast (figuur 5). Gezien het feit dat bij deze berekening alle andere parameters constant zijn gehouden, is deze toename te wijten aan verandering van de blootstellingsverdeling van 2030 ten opzichte van 1994 (tabel 9). Wanneer ook andere ontwikkelingen zouden worden meegenomen, zullen de hier gepresenteerde aantallen in werkelijkheid wellicht lager zijn.

In het kader van de Volksgezondheid Toekomst Verkenningen zijn reeds eerder schattingen gedaan waarbij de effecten van geluid werden gekwantificeerd (Passchier-Vermeer, 1996; RIVM, 1997). De uitkomsten van deze schatting lagen voor wat betreft hypertensie een stuk hoger dan bij onderhavige exercitie. Zo is geschat dat in 1995 79.000 (30.000 – 120.000) personen hypertensie (hoge bloeddruk) hadden en dat 4000 (1500 – 6000) personen ten gevolge van coronaire hartziekten moesten worden opgenomen (Passchier-Vermeer, 1996). Bij de berekening is men voor beide effecten uitgegaan van een RR van 1,5 vanaf $L_{Aeq,24h}$ gelijk aan 70 dB(A). Voor hypertensie is men uitgegaan van een prevalentie van 10% in de Nederlandse volwassen bevolking (gesteld op 11,5 miljoen); voor de ziekenhuisopnames heeft men een opnamefrequentie van 5/1000 volwassen inwoners gebruikt. De verschillen kunnen door verschillende zaken worden verklaard: in de schatting voor de VTV zijn andere risico's gebruikt; bovendien is men uitgegaan van een drempelwaarde van 70 dB(A). Dit laatste is echter niet bevestigd in de meta-analyse. Het grootste verschil kan waarschijnlijk verklaard worden door het feit dat de gebruikte blootstellingsverdelingen nogal van elkaar verschilden: in de voor de VTV gebruikte blootstellingsverdelingen bevonden relatief veel mensen zich in de hoge geluidklassen: meer dan 27% van de mensen was blootgesteld aan 70 dB(A) of meer.⁸ Bij de

⁸ De gebruikte blootstellingsverdelingen worden gepresenteerd in TNO-rapport 96.030 (Passchier-Vermeer, 1996), tabel 7.1. N.b. in deze tabel gaat het welliswaar over het percentage woningen.

blootstellingsverdelingen die hier zijn gebruikt is bijna niemand blootgesteld aan geluidniveaus boven de 70 dB(A) (zie ook tabel 9).

Wanneer het model van de Gezondheidsraad (1999) (zie ook figuur 1) in het achterhoofd wordt genomen, kan een grote mate van consistentie en coherentie worden ontdekt: een groot deel van de keten is afgedekt; in de studies worden zowel intermediaire effecten (bloeddrukverhogingen, hypertensie) als sociale responsen als medicijngebruik en het raadplegen van een arts en duidelijke ziektebeelden zoals een myocard infarct, of angina pectoris gemeten. Het is niet ondenkbaar dat deze ziektebeelden zijn geïnitieerd door de eerder genoemde bloeddrukverhogingen die uiteindelijk hun weerslag hebben op de morbiditeit en mortaliteit. Op het gebied van luchtverontreiniging spreekt men ook wel over 'harvesting' (De Hollander, 1999). Een en ander is een bevestiging van het in figuur 3 gepresenteerde werkingsmodel en komt tevens naar voren in de schattingen (tabel 10 en 13): het aantal toe te schrijven gevallen neemt toe naarmate de ernst van de effecten afneemt. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de individuele gevoeligheid of kwetsbaarheid. Individuen kunnen onderling zeer verschillend reageren op dezelfde blootstelling. De individuele respons hangt sterk af van de wisselwerking tussen endogene eigenschappen enerzijds (erfelijke gevoeligheid, reeds aanwezige functie-stoornissen, ziekte of hoge ouderdom) en exogene eigenschappen (leefstijl, sociaal-economische status) anderzijds. Een en ander wordt ook nog eens bevestigd door de berekeningen verricht met behulp van het Chronisch ziektemodel (Hoogenveen et al., 1998). Hieruit bleek dat de mogelijke effecten die nu optreden, op termijn van invloed zijn op sterfte, incidentie (ziektelast). Tientallen extra sterfgevallen worden verwacht.

Onzekerheidsanalyse

Zoals reeds in de inleiding werd vermeld, zijn de hier gepresenteerde schattingen ondermeer bedoeld om een beeld te krijgen van de mogelijke omvang van effecten. Het valt meteen op dat de spreiding in de resultaten erg groot is. De schattingen lopen uiteen van 0 tot enkele tienduizenden.

Gezien de resultaten van de Monte Carlo simulatie (97,5 % percentiel) en de resultaten van de puntschatting (tabel 13), is het in de Vijfde Milieuverkenningen gepresenteerde maximale aantal gevallen van hypertensie, toe te schrijven aan de blootstelling van wegverkeerslawaaai (maximaal 68.000) wat aan de hoge kant.

De schattingen zoals hier gepresenteerd zijn omgeven met een aantal onzekerheden. Met behulp van een uitgebreide onzekerheidsanalyse is geprobeerd om daar meer inzicht in te krijgen. Uit een deterministische analyse waarin de invloed van een aantal aannames en keuzes die zijn gemaakt, is onderzocht, bleek dat voor de blootstellingsverdeling vooral de laagste blootstellingsklassen de hoogte van het effect bepalen. Hierin zitten immers de meeste mensen. Verder maakt het nogal wat uit voor welke populatie het effect wordt berekend.

Omdat het deterministische deel van de onzekerheidsanalyse te weinig omvattend was, (deze gaat immers alleen uit van de onzekerheid van de dosis-effectrelatie, geschat uit de meta-analyse) is ook een probabilistische analyse verricht. Met behulp van Monte Carlo simulaties kan worden bekeken hoe gebruikte gegevens (prevalentie, dosis-effectrelatie,

blootstellingsverdeling) van invloed zijn op de uitkomst van de schattingen. Uit de analyse kwam naar voren dat de uitkomst van de schattingen het sterkst worden beïnvloed door de resultaten van de meta-analyse. Immers de correlatie tussen de bèta (afkomstig van de meta-analyse) en het berekende aantal was veruit het grootste en bovendien bleek dat de spreiding in eindwaarden het grootst was over de range van de bèta-waarden. Verder was duidelijk te zien dat de onzekerheid in het blootstellingsniveau veel minder van invloed was op de uitkomsten. Deze laatstgenoemde bevinding ligt wat minder in de lijn der verwachting omdat met betrekking tot de blootstellingsverdeling wordt aangenomen dat de verdeling van het aantal blootgestelden binnen een blootstellingsklasse (bijvoorbeeld de klasse 56-60 dB(A)) uniform is. Echter, dit hoeft helemaal niet het geval te zijn.

De onzekerheid omtrent de dosis-effectrelatie is wellicht te verklaren uit de meta-analyse: daar bleek dat nogal wat studies voor de verschillende blootstellingsgroepen geen afgebakende blootstellingsranges presenteerden (bijv personen blootgesteld aan < 80 dB(A)). Om toch een effectschatter te kunnen berekenen, is met behulp van een acousticus, een 'best guess' gemaakt. Het is echter niet ondenkbaar dat dit de resultaten van de meta-analyse en later ook van onderhavige exercitie hebben beïnvloed. Een en ander zal in een latere analyse uitgebreider moeten worden onderzocht.

Een andere bron van onzekerheid komt voort uit de prevalentiegegevens van de aandoeningen. Helaas is een landelijk systeem waarin continu alle aandoeningen in de bevolking worden geregistreerd op basis van eenduidig omschreven diagnose-criteria niet voorhanden. Daarom is gebruik gemaakt van gegevens uit verschillende bronnen zoals (a) epidemiologische (bevolkings) onderzoeken, (b) huisartsenregistraties en modelschattingen (DISMOD (Hoogenveen et al., 2000)⁹). Epidemiologische bevolkingsonderzoeken sporen in een steekproef uit de bevolking alle personen op die aan bepaalde voorafgestelde diagnose-criteria voldoen. Dit kunnen ook personen zijn die in een a-symptomatisch ziektestadium verkeren of met een mild ziektebeeld, waarbij nauwelijks zorg nodig is.

Zorgregistraties (zoals huisartsenregistraties) registreren per definitie alleen patiënten die zorg gebruiken. Dat zijn over het algemeen patiënten die klachten ondervinden of die verminderd functioneren en hiervoor zorg vragen. In het algemeen zullen bevolkingsonderzoeken een hogere prevalentie geven van de ongezondheid dan zorgregistraties. Immers niet iedereen met een aandoening zal daar ook zorg voor vragen.

In eerste instantie was niet duidelijk hoe de relatie tussen de blootstelling aan geluid en ischemische hartziekten verliep: lineair, exponentieel, met of zonder drempelwaarde. Om hier meer inzicht in te krijgen zijn plots gemaakt waarbij het blootstellingsniveau (in dB(A), zoals gepresenteerd in de studie) werd uitgezet tegen de prevalentie. Uit deze figuren kwam al snel naar voren dat de drempelwaarde niet eenduidig is aan te geven en dat de vorm van de relaties ook niet vaststond. Dit in tegenstelling tot studies die stellen dat er een drempelwaarde van 70 dB(A) is (Passchier-Vermeer, 1993; Passchier-Vermeer, 1996). Daarom zijn twee modellen getoetst. Een exponentieel model (zoals gepresenteerd in bijlage 2) en een additief model.

⁹ De modelschattingen zijn gebaseerd op huisartsenregistraties

Bij dit laatste model wordt verondersteld dat de toename van de prevalentie constant is per 5 dB(A); het exponentieel model veronderstelt een constant RR per 5 dB(A), waardoor wordt aangenomen dat de relatie tussen geluidexpositie en de prevalentie exponentieel is. Uit de resultaten van de meta-analyse bleek, alhoewel voor het additieve model sterkere associaties werden gevonden, dat beide modellen tot dezelfde conclusies leiden. Om de validiteit van beide modellen te onderzoeken zijn de geluidniveaus van de referentiegroepen uitgezet tegen de geschatte bèta's per 5 dB(A) van de verschillende expositie groepen. Het bleek dat beide modellen geen duidelijke afhankelijkheid met de achtergrondniveaus vertoonden. Dit betekent dat de data voor beide modellen fitten. Echter, omdat het exponentieel model het meeste wordt gebruikt, presenteren we hier alleen de resultaten van het exponentiële model.

Validiteit

Uit figuur 2 blijkt dat een aantal schattingen zijn gebaseerd op slechts 1 studie. Vaak is deze ook nog eens relatief oud. De vraag is of deze uitkomsten in verband met de validiteit mogen worden geëxtrapoleerd naar de huidige situatie voor geheel Nederland. Immers, tegenwoordig zijn huizen beter geïsoleerd. Voor luchtvaartlawaai geldt dat de blootstelling vaak is geschat aan de hand van een rekenmodel. In de jaren 70 werden alleen die vliegtuigen die tijdens de vlucht (op de grond gemeten) meer dan 75-80 dB(A) produceren, meegenomen in die berekeningen. Tegenwoordig mogen vliegtuigen vanaf 65 dB(A) meedoen. Daarnaast speelt (zoals gezegd) de individuele gevoeligheid een rol. Wellicht was het uiteindelijk beter geweest om voor hypertensie de resultaten van de arbeidsstudies te gebruiken. Immers de effectschatting is gebaseerd op 9 studies, wat toch beter is dan 1 of 2. Maar omdat de generaliseerbaarheid naar de Nederlandse populatie weer minder was dan de resultaten van de omgevingsstudies (oud maar sommige wel in Nederland verricht) is toch besloten om de resultaten van de omgevingsstudies te gebruiken.

Slotconclusies en aanbevelingen

Het doel van deze exercitie was om te laten zien hoe de resultaten van epidemiologische onderzoeken kunnen worden geïnterpreteerd en toegepast in combinatie met expositie- en morbiditeitgegevens. De volgende zaken kunnen worden geconcludeerd:

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de blootstelling aan geluid kan bijdragen aan de prevalentie van hart- en vaatziekten. Echter, vanwege beperkingen in blootstellingsmeting, controle voor mogelijke confounders en de mogelijke aanwezigheid van publicatie bias, kan geen definitieve uitspraak over de oorzakelijkheid van de relatie worden gedaan. Verder kwam naar voren dat alle effecten tezamen een grote consistentie en coherentie vertonen: het lijkt er op dat het aantal gevallen toeneemt naarmate de ernst van het effect afneemt, hetgeen overeenkomt met het werkingsmodel zoals gepresenteerd in figuur 3.

Mede dankzij de aanvullende berekeningen met het chronisch ziektemodel, is een completer en realistischer beeld gekregen van de mogelijke sterfte en ziektelast die kan optreden ten gevolge van geluidblootstelling. Aanbevolen wordt om in de toekomst meer gebruik te maken van dergelijke modellen. Immers het stopt niet bij een hoge bloeddruk. In

een aantal gevallen zal dit tot een hart-aanval leiden. Dit blijkt ook uit de aanvullende berekeningen: de gevallen van hypertensie toe te schrijven aan omgevingslawaai, in vergelijking met myocard infarct en angina pectoris, zijn vooral van invloed op de ziektelast met betrekking tot Cerebrovasculaire Accidenten (CVA). De eerstgenoemde worden vaker als eindpunt genomen in omgevingsstudies waarin de relatie tussen geluidblootstelling en ischemische hartziekten wordt onderzocht. Echter, aangezien hypertensie ook een belangrijke risicofactor is voor CVA, zou CVA een alternatief eindpunt kunnen zijn.

Bij de onzekerheidsanalyse zagen we dat de resultaten van de puntschattingen een grote gelijkenis vertonen met de uitkomsten van de Monte Carlo simulaties. Er kan worden geconcludeerd dat de onzekerheden voornamelijk door de onzekerheid in de dosis-effect-relatie worden veroorzaakt en in mindere mate door de prevalentie. Om de betrouwbaarheid van toekomstige schattingen te verhogen, zal de meeste winst te behalen zijn door het vaststellen van meer nauwkeurige dosis-respons-relaties die beter beschreven zijn. Hiertoe kunnen periodieke updates van de literatuur bijdragen.

Literatuur

American Thorax Society. Guidelines as to what constitutes an adverse respiratory health effect, with special reference to epidemiological studies on air pollution. *American Review of Respiratory Diseases*. 1985; 131: 666-668.

Babisch W, Ising H, Elwood PC, Sharp DS, Bainton D. Traffic noise and cardiovascular risk: The Caerphilly and Speedwell studies, second phase. Risk estimation, prevalence and incidence of ischemic heart disease. *Arch. Environ Health*. 1993; 48(6): 406-412.

Camm AJ. Cardiovascular diseases. In: Kumar P, Clarck M (eds). *Clinical Medicine*, Third edition (1994). W.B. Saunders Company Ltd. Chapter 11, p. 521-630.

The Caerphilly and Speedwell collaborative group. Caerphilly and Speedwell collaborative heart disease studies. *J. Epidemiol Comm Health*. 1984; 38: 259 – 262.

Centraal Bureau voor de Statistiek. *Statistisch Zakboek 94/95*.

Centraal Bureau voor de Statistiek. *Gezondheidsenquête 1996*.

Dassen AGM, Jabben J, Dolmans JHJ, Hamminga NAR, Hoffmans WH, Nijland HA (2000). *Geluid in de vijfde Milieuverkenning; Achtergronden*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Rapportnummer 408129012.

Feskens EJM, Gorgels A, Bots ML, Jansen J, Widdershoven JWMG, Kromhout D. Coronaire hartziekten. In: Maas IAM, Gijsen R, Lobbezoo IE, Poos MJJC (red). *Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997. I. De gezondheidstoestand: een actualisering*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. Elsevier/De Tijdstroom, Maarssen 1997.

Frerichs RR, Beeman BL, Coulson AH. Los Angeles Airport noise and mortality. Faulty analysis and public mortality. *American Journal of Public Health*. 1980; 70: 357-362.

Gezondheidsraad: *Committee on the Health Impact of Large Airports. Grote luchthavens en gezondheid*. Deze publicatie is een onder verantwoordelijkheid van het secretariaat van de Gezondheidsraad vertaald rapport 'Public health impact of large airports'. Den Haag: Gezondheidsraad, 1999; 1999/14

De Hollander AEM (1999). *Public health significance of environmental exposures. A framework for health impact assessment of large airports. A working paper for the Rolduc workshop for the report: Committee on the Health impact of large airports*. The Hague: Dutch Health Council, 1999; report no 1999/14.

Hoogenveen RT, Hollander AEM de, Genugten MLL van (1998). The chronic diseases modelling approach. Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Reportnumber 266760001.

Hoogenveen RT, Gijsen R, Genugten MLL van, Kommer GJ, Schouten JSAG, Hollander AEM de. Dutch DisMod. Constructing a set of consistent data for chronic disease modelling (2000). Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Reportnumber 260751001.

Kempen EEMM van, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, De Hollander AEM. (2001) The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart diseases. A meta-analysis. Submitted for publication.

Knipschild PG. Medische gevolgen van vliegtuiglawaai. Academisch proefschrift. Amsterdam, Coronel Laboratorium, 1976.

Meecham WC, Shaw N. Effects of jet noise on mortality rates. *British Journal of Audiology*. 1979; 13: 77-80.

Meecham WC, Shaw N. Increase in mortality rates due to aircraft noise. *Schr.-, Reihe Verein WaBoLu 88*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 1992; 428-441.

Melse JM, Kramers PGN. Berekening van de ziektelast in Nederland. Achtergronddocument bij VTV-1997; deel III, hoofdstuk 7. (1998). Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Rapportnummer 431501028.

Meyboom-de Jong B, Buis J. Zorg na een beroerte. Nederlandse Hartstichting. Vakgroep Huisartsgeneeskunde, Rijksuniversiteit Groningen. Den Haag, 1995.

Miedema HME, Vos H. Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1998; 104(6): 3432 – 3445.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu. Naar een Landelijk Beeld Verstoring. VROM-publicatie-reeks Verstoring. VROM, 1996.

Murray CJ, Lopez AD (eds). The global burden of disease; a comprehensive assessment of mortality and morbidity from disease, injury and risk factors in 1990 and projected to 2020. Global burden of disease and injury series, volume I. Harvard University Press, 1996.

Nationaal Milieubeleidsplan 3. 1998.

Nijland H, Kempen EEMM van, Jabben J, Annema JA. Geluidmaatregelen: kosten en baten (2001). Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
Rapportnummer 715120005

Ottolander GJH den. Interne Geneeskunde. Tiende Herziene Druk (1992). Bohn Stafleu van Loghum.

Passchier-Vermeer W. Geluid en Gezondheid. Review. Nr A93/02E Den Haag: Gezondheidsraad, 1993.

Passchier-Vermeer W. Ontwikkelingen in effecten van geluid en preventie door wet- en regelgeving. Achtergrondrapport bij een publicatie in Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997. TNO Preventie en Gezondheid, Divisie Collectieve Preventie (1996). TNO-rapport 96.030.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Nationale Milieuverkenning 4, 1997-2020. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. Samson HD Tjeenk Willink bv, Alphen aan den Rijn, 1997.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en Centraal Bureau voor de Statistiek. Milieucompendium 1999. Het milieu in cijfers. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en Centraal Bureau voor de Statistiek, 1999. Samson, bv. Alphen aan den Rijn.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (1997). Volksgezondheid Toekomst Verkenning 1997: effecten van preventie. Elsevier/De Tijdstroom, Amsterdam.

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Naar een Landelijk Beeld van Verstoring (1996). VROM-DGM. Publikatiereeks Verstoring. Nummer 12/97.

Vose D. Risk Analysis. A quantitative guide. Second Edition (2000). John Wiley & Sons. Ltd. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.

Walma EP, Grundmeijer HGLM, Thomas S, Prins A, Hoogen JPH van den, Laan JR van der. NHG-Standaard Hypertensie (eerste herziening). Huisarts Wet. 1997; 40(12): 598-617.

Bijlage 1 Verzendlijst

1. Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer, Dr. C.M. Plug
2. Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. Ir. B.C.J. Zoeteman
3. Ministerie van VWS, Inspectie Gezondheidszorg, Mw. Potting
4. Inspectie Milieuhygiene, Hoofdinspecteur Milieuhygiene, mr. G.J.R. Wolters
5. Voorzitter Gezondheidsraad, Dr. W.F. Passchier
6. Drs. J.A. Verspoor, DGM, Den Haag
7. Drs. J. Swager, DGM, Den Haag
8. Ir. M. van den Berg, DGM, Den Haag
9. Dr. P.I. Loeff, DGM, Den Haag
10. Ir. D. de Gruijter, DGM, Den Haag
11. Mr. R. Parqui, DGM, Den Haag
12. Ir. B.J.F. Kortbeek, DGM, Den Haag
13. Drs. T.C. Welkers, DGM, Den Haag
14. Drs. C. Dorland, IVM, Amsterdam
15. Dr. H.M.E. Miedema, TNO-PG, Leiden
16. Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
17. Directie RIVM
18. Ir. F. Langeweg
19. Dr. Ir. G. de Mik
20. Dr. Ir. E. Lebret
21. Dr. Ir. D. van Lith
22. Drs. R.J.M. Maas
23. Drs. A. van der Giessen
24. Ir. K. Wieringa
25. Dr. B.J.M. Ale
26. Drs. B.A.M. Staatsen
27. Ir. R.A.W. Albers
28. Ir. J. Jabben
29. Ir. Ag.G.M. Dassen
30. Drs. W. Hoffmans
31. Drs. N.A.R. Hamminga
32. M. Odijk
33. Drs. H. Nijland
34. Ir. H. Kruize
35. Dr. H.F.P.M. van Poll
36. Drs. C.M.A.G. van Wiechen
37. Dr. I. Van Kamp
38. Drs. A.E.M. Franssen
39. Ir. A. Dusseldorp
40. Ir. P.H. Fischer

41. Ir. D.J.M. Houthuijs
42. Ir. J.M. Melse
43. Dr. H.C. Boshuizen
44. Dr. L. van Bree
45. Drs. A.A. Bouwman
46. Dr. Ir. A.H. Havelaar
47. Dr. Ir. P.H.M. Janssen
48. R.K. Stellato
49. Dhr. Ing. M.Marra
50. Ir. J.M.I. Kwekkeboom
51. G. Anyo
52. Dr. D.A. Houweling
53. Drs. E.E.M.M. van Kempen
54. C.B. Ameling
55. Ir. R.T. Hoogenveen
56. Drs. A.E.M. de Hollander
- 57-61. SBD/Voorlichting & Public Relations
62. Bureau Rapportenregistratie
63. Bibliotheek RIVM
- 64-73. Bureau Rapportenbeheer
- 74-98. Reserve exemplaren

Bijlage 2. Kwantificering van dosis-effectrelaties

Voor het schatten van het gezondheidsverlies is gebruik gemaakt van de resultaten van de meta-analyse naar geluid en hart- en vaatziekten waarin de resultaten van een aantal studies zijn samengevat, rekening houdend met de waargenomen spreiding in die resultaten (Van Kempen et al., 2001). Aangenomen wordt dat de relatie tussen de blootstelling aan geluid en een bepaald effect volgens een exponentieel model verloopt. Met behulp van de bèta's (per 5 dB(A)), die zijn geschat met behulp van de meta-analyse, kan het RR voor verschillende geluidsniveaus worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$RR = e^{((dB/5)*\beta)}$$

Waarbij:

RR: Relatief risico;

dB: geluidniveau in dB(A);

β : bèta per 5 dB(A), geschat met behulp van de meta-analyse.

Bij de meta-analyse is aangenomen dat de te bepalen 'ware waarde' voor β een normale verdeling volgt met een gemiddelde μ_{true} en standaardfout σ_{true} (Van Kempen et al., 2001). De bedoeling van de meta-analyse is om deze μ_{true} en σ_{true} te schatten. Hierbij is gebruik gemaakt van een Random Effect Model (REM).

De data-analyse is volgens een aantal stappen verlopen. Allereerst is per lawaaibron (werkplek, verkeer en vliegverkeer) een apart gemiddelde berekend. Omdat voor zowel de verkeersstudies als de luchtvaartstudies het aantal effectschattingen beperkt was, zijn co-variabelen buiten beschouwing gelaten, maar is geprobeerd de variantie te verklaren a.d.h.v. subgroep-analyses. Uitgebreidere analyses zijn elders (Van Kempen et al., 2001) te vinden, en worden hier verder buiten beschouwing gelaten.

Bijlage 3. Beschrijving ziektebeelden

Hypertensie

Hypertensie, oftewel hoge bloeddruk, is niet zo zeer een ziekte als wel een risicofactor voor hart- en vaatziekten in het algemeen en voor cerebrovasculaire accidenten (CVA's) in het bijzonder (Walma et al., 1997). Er wordt van hypertensie gesproken als de diastolische bloeddruk 95 mmHg of hoger is, en/of als de systolische bloeddruk 160 mmHg of hoger is (WHO-definitie) (Walma et al., 1997).

Met betrekking tot hypertensie kunnen twee typen worden onderscheiden:

- Essentiële hypertensie: hypertensie waarbij geen oorzaak voor de verhoging aanwijsbaar is. Dit is het geval bij 90-95 % van de patiënten met hypertensie.
- Secundaire hypertensie: hierbij is wel een oorzaak te vinden (bv nierziekte, endocriene aandoening, zwangerschap) (Camm, 1994).

Hypertensie houdt zelden verband met klachten. Alleen bij zeer hoge tensies is hoofdpijn misschien een begeleidend verschijnsel (Walma et al., 1997: noot 28).

Bij de behandeling van hypertensie worden, afhankelijk van de situatie van de patiënt, naast adviezen (stoppen met roken e.d.), antihypertensiva voorgeschreven. Er kunnen een aantal groepen worden onderscheiden: (i) diuretica, (ii) bètablokkers, (iii) Angiotensine Convertering Enzyme (ACE)-remmers en (iv) calciumantagonisten. Genoemde middelen verschillen nauwelijks in bloeddruk verlagend effect. Echter, vaak kan het gebruik van deze medicamenten wel leiden tot bijwerkingen. Deze kunnen variëren van (kriebel)hoest tot verminderde inspanningstolerantie en depressie (Walma et al., 1997).

Ischemische hartziekten

Ischemische hartziekten (ICD-9: 410-414) is een verzameling van een aantal aandoeningen: het myocard infarct (ICD-9: 410), angina pectoris (ICD-9: 413), het oude hartinfarct (ICD-9: 412) en overige acute en sub-acute vormen van ischemische hartziekten (ICD-9: 411) (Feskens et al., 1997). Ischemische hartziekten zijn de meest voorkomende hartvaatziekten in Nederland (Feskens et al., 1997). Geschat wordt dat ze ongeveer 10% bijdragen aan de totale ziektelast in Nederland (Melse et al., 1998). Ze worden veroorzaakt door vernauwingen in de kransslagader, waardoor de bloedstroom naar het myocard (de hartspier) wordt belemmerd (Den Ottolander, 1992). Wanneer een dergelijke vernauwing van voorbijgaande aard is (reversibel) kan ondermeer angina pectoris optreden. Een myocard infarct treedt op wanneer de ischemie irreversibel is (Den Ottolander, 1992).

Angina Pectoris

Volgens de WHO is er sprake van angina pectoris wanneer een persoon klachten heeft op de borst (pijn, een onaangenaam gevoel, maar niet berustend op verkoudheid), die speciaal optreden tijdens inspanningen en die aanleiding geven deze inspanning te staken (in: Knipschild, 1976).

Uit de geneeskundige literatuur blijkt, dat er verschillende classificaties voor angina pectoris voorhanden zijn (Den Ottolander, 1992). Men onderscheidt naar de ernst van de klacht (wat betekent het voor de patiënt in het dagelijks leven om angina pectoris te hebben), naar de aard van de klacht (typisch en atypische klachten) en naar het patroon in de tijd (stabiel of onstabiel) (Den Ottolander, 1992). Deze laatste classificatie is o.m. van belang voor de prognose. Zo zal behandeling van stabiele angina pectoris (de klachten treden voorspelbaar op) in de praktijk door de huisarts, of poliklinisch door de specialist geschieden. Bij onstabiele angina pectoris (de klacht is recent ontstaan of verergerd) wordt opname in het ziekenhuis geadviseerd (Den Ottolander, 1992)

Myocard Infarct

Wanneer de ischemie irreversibel is, is er sprake van een myocard infarct. Symptomen die zich dan voordoen zijn een onaangenaam gevoel in de borst, of zelfs ronduit pijn op de borst, uitstralend naar kaken, schouders en/of rug. De pijn kan zeer hevig zijn en wordt vaak als levensbedreigend ervaren. In tegenstelling tot bij angina pectoris, verdwijnt de pijn niet wanneer de persoon in rust raakt. Naast pijn treden er ook andere klachten of reacties op zoals: transpireren, braken, plotseling intredende bewusteloosheid (syncope) en lage bloeddruk. De ziekte is niet aan een bepaalde leeftijd verbonden, maar komt vanaf het 35e levensjaar voor in alle lagen van de bevolking (Den Ottolander, 1992). Gemiddeld zijn de mannen echter 10 jaar jonger bij het doormaken van het eerste hartinfarct dan de vrouwen.

Omdat een myocard infarct levensbedreigende complicaties kan hebben (vooral in de eerste uren van het infarct) wordt geprobeerd de patiënt zo snel mogelijk op te nemen in het ziekenhuis (hartbewaking).

Cerebrovasculair Accident (CVA)

Volgens de WHO is er sprake van een CVA of beroerte wanneer er sprake is van 'plotseling ontstane klinische verschijnselen van een focale stoornis van de hersenfuncties met een duur van meer dan 24 uur of eindigend met de dood, waarvoor geen andere oorzaak aanwezig is dan een vasculaire stoornis.' (Meyboom-de Jong en Buis, 1995). Er wordt onderscheid gemaakt tussen hersenbloedingen en herseninfarcten. Om het beloop in de tijd aan te geven worden CVA's verdeeld in: (i) Transient Ischemic Attack (TIA), (ii) Reversible Ischemic Neurological Deficit (RIND), (iii) progressive stroke en (iv) completed stroke. Een TIA is

een beroerte die binnen 24 uur voorbij gaat; een RIND is een beroerte die na 24 uur maar binnen 6 weken volledig is hersteld (Meyboom-de Jong en Buis, 1995).

Na het optreden van een CVA worden een aantal stadia onderscheiden: eerst de acute fase die globaal 2 weken duurt, vervolgens de herstelfase die, na een half jaar als de patiënt een stationaire fase heeft bereikt overgaat in een chronische fase.

Een CVA kan gepaard gaan met verlammingen of krachtsverlies in één of alle extremiteiten, met spraak –en taalstoornissen, met slikstoornissen, incontinentie, uitval van het gezichtsvermogen en soms met bewustzijnsstoornissen (coma). Na de acute fase treden bovendien vaak allerlei andere cognitieve, communicatieve, emotionele en gedragsmatige veranderingen op die voor de patient en zijn naasten ingrijpende gevolgen hebben (Meyboom-de Jong en Buis, 1995).