

Van Mourik Broekmanweg 6
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T 015 269 68 02
F 015 276 36 21

TNO-rapport 2007-D-R0012/A

Slaap en verkeersgeluid

(Sleep and traffic noise)

Datum	Februari 2007
Auteurs	W. Passchier-Vermeer H. Vos S.A. Janssen H.M.E. Miedema
Plaats	Delft
Nummer	2007 L&G N001 64024

Het rapport kan worden gedownload van het volgende adres:
www.tno.nl/slaapverstoring

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2007 TNO

ABSTRACT

TNO performed a field study on the effects of nighttime road and railway noise. In the investigation 262 subjects participated for six nights and days (1572 subject nights). Twelve locations have been selected. Noise monitors measured continuously 1-s sound levels from 22:00 till 9:00 hours outside in the vicinity of the traffic noise source at a location and inside at each of the subjects bedrooms. Subjects wore actimeters to monitor motility during sleep and to register self-reported awakening. A sub-group of 36 subjects (172 subject nights) wore ECG-equipment to monitor IBI (Inter Beat Interval).

The data have been analyzed on three time-scales: on an instantaneous level (noise event), on a level of a sleep period time, and on an aggregated level of six sleep period times. The analyses showed that nighttime noise has adverse effects on sleep. The results show a consistent pattern. Motility, motility onset, self-reported awakening, and heart rate increase and reported sleep quality decreases with increasing road and railway noise exposure indoors during sleep.

The report (in Dutch) and a summary report (in English) can be obtained from www.tno.nl/slaapverstoring

Inhoudsopgave

Abstract	1
Samenvatting	7
1 Inleiding	27
1.1 Kader en doelstelling van het project.....	27
1.2 Dankwoord	28
1.3 Inhoud van het rapport.....	28
2 Beschrijving van het onderzoek	29
2.1 Inleiding.....	29
2.2 Inhoudelijke aspecten	29
2.3 Opzet van het onderzoek.....	30
2.3.1 Selectie van locaties.....	30
2.3.2 Werving en selectie van de deelnemers	32
2.3.3 Geluidsmeting en identificatie van verkeersgeluid in slaapkamers	32
2.3.4 Effectmetingen.....	33
2.3.5 Vragenlijst aan niet-deelnemers.....	34
2.4 Uitvoering van het onderzoek.....	34
2.4.1 Locaties en deelnemers.....	34
2.4.2 Geluidsmetingen, identificatie van verkeersgeluid en bepalen van geluidsbelastingsvariabelen	38
2.4.3 Toevoegen gegevens GES-onderzoek	39
2.4.4 Vragenlijst aan niet-deelnemers.....	39
3 Aanpak van de analyses	41
3.1 Analysemodel	41
3.2 Effectvariabelen/indicatoren voor slaapverstoring	41
3.3 Variabelen van nachtelijk weg- en railverkeersgeluid	43
3.4 Expositie-effectrelaties en invloed van andere factoren	49
3.4.1 Algemeen.....	49
3.4.2 Mogelijke additionele, effectmodificerende en versturende variabelen in de analyses	50
3.4.3 Uitkomsten analyses met buiten gemeten geluidsbelastingen	51
3.4.4 Statistische informatie.....	51
4 Algemene gegevens	53
4.1 Slaaptijd.....	53
4.2 Inslaaperiode.....	55
4.3 Geluidsbelasting	56
4.4 Hartslag gedurende de slaaperiodes.....	57
4.5 Motiliteit gedurende de slaaperiodes	58
5 Momentane effecten van geluid tijdens verkeerspassages	61
5.1 Inleiding.....	61
5.2 Expositie-effectrelaties	64
5.2.1 Maten voor de expositie.....	65
5.2.2 Effectvariabele motiliteit	66
5.2.3 Zelf-geregistreerd ontwaken	75
5.2.4 Hartslag.....	76

5.3	Discussie en aanvullende analyses.....	78
5.3.1	Algemeen.....	78
5.3.2	Motiliteit.....	80
5.3.3	Zelf-geregistreerd ontwaken.....	82
5.3.4	Verandering in hartslagfrequentie en IBI door verkeerspassages.....	83
5.3.5	Gebruikte momentane geluidsvariabelen en in milieuregelgeving gehanteerde geluidsmaten.....	83
6	Variabelen over één nacht en etmaal	85
6.1	Inleiding.....	85
6.2	Slaaptijd.....	86
6.2.1	Expositie-effectrelaties en factoren die daarop van invloed zijn.....	86
6.2.2	Associaties van effectvariabelen.....	91
6.2.3	Verschillen tussen nachten vóór werkdagen en vóór weekenddagen.....	95
6.3	Inslaaperiode.....	96
6.3.1	Expositie-effectrelaties.....	96
6.3.2	Associaties.....	96
6.4	Tijd na het slapen.....	98
6.4.1	Slaperigheidsstrips.....	98
6.5	Discussie en aanvullende analyses.....	98
6.5.1	Motiliteit.....	98
6.5.2	Zelf-geregistreerd ontwaken.....	101
6.5.3	Hartslagvariabelen.....	102
6.5.4	Variabelen uit de logboekjes.....	102
6.5.5	Variatie in geluidsbelasting van slaaperiode tot slaaperiode.....	102
7	Geaggregeerde variabelen en variabelen uit de vragenlijst	105
7.1	Inleiding.....	105
7.1.1	Effectvariabelen.....	105
7.1.2	Geluidsvariabelen.....	105
7.2	Expositie-effectrelaties.....	106
7.3	Onderlinge associaties van effectvariabelen.....	108
7.4	Prevalentie-schattingen.....	109
7.5	Additionele onderwerpen.....	110
7.5.1	Slapeloosheid.....	110
7.5.2	Medicijngebruik algemeen en medicijngebruik tegen problemen met hart, bloedvaten en/of bloeddruk.....	112
7.5.3	Depressiviteit.....	112
7.5.4	Gezondheidstoestand en vitaliteit.....	113
7.5.5	Invloed van leeftijd.....	114
7.5.6	Erge slaapverstoring.....	115
7.5.7	Overeenkomst geaggregeerde geluidsbelasting en geluidsbelasting gedurende een slaaperiode.....	116
7.6	Discussie.....	117
8	Onderzoek onder niet-deelnemers.....	119
8.1	Overzicht.....	119
8.2	Verschillen tussen deelnemers en niet-deelnemers.....	120
8.3	Redenen van niet-deelnemen.....	122
9	Discussie en conclusie	125

9.1	Inleiding.....	125
9.2	Expositie-effectrelaties	125
9.2.1	Achtergrondgeluid en motiliteit.....	125
9.2.2	Leeftijdsafhankelijkheid van motiliteit.....	126
9.2.3	Invloed momentane motiliteit op gemiddelde motiliteit.....	126
9.2.4	Verschillen tussen mannen en vrouwen in motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken per slaaperiode.....	127
9.2.5	Resultaten hartslagmetingen.....	127
9.2.6	Onderzoeksopzet.....	128
9.2.7	Gebruikte geluidsvariabelen en de in milieuregelgeving gehanteerde geluidsmaten ..	128
9.2.8	Aandachtspunten voor gebruik van de resultaten in de praktijk.....	129
9.2.9	Overwegingen over generaliseerbaarheid van het onderzoek.....	131
9.3	Vergelijking uitkomsten voor nachtelijk weg- en railverkeersgeluid	132
9.4	Prevalentie-schattingen.....	134
9.5	Conclusie	134
A	Akoestische aspecten.....	137
A.1.1	Buitenbinnenverschillen	137
A.1.2	Bepaling van luidere verkeerspassages op de buitenmeter	142
A.1.3	Bepaling van effectbeoordelings-intervallen	144
A.1.4	Verdeling van geluidniveaus op de buitenmeter.....	147
B	Momentane variabelen	151
B.1	Expositie-effect relaties en factoren die daarop van invloed zijn	151
B.1.1	Effectvariabelen.....	151
B.1.2	Geluidsexpositiematen.....	151
B.1.3	Motiliteit	154
B.1.4	Hartslagvariabelen	162
B.1.5	Zelf-geregistreerd ontwaken	162
C	Variabelen over één nacht en etmaal	163
C.1	Inleiding.....	163
C.2	Slaaperiode: expositie-effect relaties en factoren die daarop van invloed zijn	165
C.2.1	Motiliteit	165
C.2.2	Zelf-geregistreerd ontwaken	172
C.2.3	Hartslag.....	173
C.2.4	Gegevens uit logboekjes	175
C.3	Slaaperiode: associaties tussen effectvariabelen.....	176
C.3.1	Associatie tussen motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken.....	176
C.3.2	Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met hartslagvariabelen	176
C.3.3	Associaties tussen variabelen uit logboekjes	177
C.3.4	Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit logboekjes.....	179
C.3.5	Associaties van hartslagvariabelen met variabelen uit logboekjes	181
C.4	Inslaaperiode.....	182
C.4.1	Expositie-effectrelaties	182
C.4.2	Associaties	183
D	Over zes nachten geaggregeerde variabelen en variabelen uit de vragenlijst	185
D.1	Inleiding.....	185
D.2	Expositie-effect relaties	186

D.2.1	Motiliteit	186
D.2.2	Zelf-geregistreerd ontwaken	187
D.2.3	Hartslagvariabelen	187
D.2.4	Effectvariabelen afgeleid uit de vragenlijst	188
D.3	Associaties en onderlinge relaties effectvariabelen	190
D.3.1	Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit de vragenlijst	190
D.3.2	Associaties van hartslagvariabelen met variabelen uit de vragenlijst	192
D.3.3	Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met hartslagvariabelen	193
D.3.4	Associaties tussen variabelen die betrekking hebben op tevredenheid, hinder en slaapverstoring (deel 1 van de vragenlijst)	193
D.3.5	Associaties tussen gezondheidsvariabelen (deel 2 tot en met 4 uit de vragenlijst)	194
D.3.6	Associaties van variabelen van hinder met variabelen van gezondheid	195
D.3.7	Associaties van BMI en gedichotomiseerde BMI van hartslagdeelnemers met variabelen uit de vragenlijst	195
D.3.8	Associaties van medicijn- en slaapmiddelengebruik met variabelen uit de vragenlijst	195
E	Vergelijking gegevens motiliteit uit drie onderzoeken	203
E.1	Inleiding	203
E.2	Motiliteit in de loop van de nacht	203
E.2.1	Gegevens uit GER-onderzoek	203
F	Gegevens ten behoeve van prevalentieschattingen	207
F.1	Inleiding	207
F.2	Vergelijking meetresultaten huidig onderzoek en jaargemiddelde geluidsbelastingen, berekend door RIVM	208
F.2.1	Vergelijking buitenwaarden	208
F.2.2	Vergelijking jaargemiddelde buitenwaarden van RIVM en waarden op de binnenmeters	209
F.3	Relaties met gedichotomiseerde variabelen	210
G	Gebruikte geluidsbelastingssymbolen	215
	Referenties	217

Samenvatting

1 Inleiding

1.1 Kader en doelstelling van het onderzoek

In dit rapport zijn de resultaten gegeven van het project 'slaap en verkeersgeluid', gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, opgedragen door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, en gecoördineerd door TNO Bouw en Ondergrond, afdeling Milieu en Leefomgeving.

De doelstelling van het project is informatie te verkrijgen over:

1. de relaties tussen *nachtelijk wegverkeersgeluid* en indicatoren voor slaapverstoring, het vaststellen welke factoren op deze indicatoren en relaties van invloed zijn en het bepalen van deze invloed
2. de mate waarin indicatoren voor slaapverstoring worden beïnvloedt door *intensief nachtelijk railverkeersgeluid* in vergelijking met de beïnvloeding door wegverkeersgeluid
3. gegevens die gebruikt kunnen worden om een schatting te maken van prevalenties van aspecten van slaapverstoring in Nederland.

1.2 Locaties en deelnemers

Het onderzoek heeft tussen november 2004 en mei 2005 achtereenvolgens plaatsgevonden in twaalf woonwijken van steden en dorpen ('locaties'). Het betreft acht locaties in de nabijheid van drukke tot zeer drukke wegen ('wegverkeerslocaties'): drie snelwegen, drie provinciale wegen, en twee lokale uitvalswegen. Op de andere vier locaties ('railverkeerslocaties') werd de nachtelijke geluidsbelasting vooral veroorzaakt door railverkeer (spoorlijnen met 's nachts relatief veel vrachtverkeer).

Deelnemers zijn geworven met behulp van een brief, die aan alle adressen op een locatie gezonden is. In totaal namen er 262 volwassen personen aan het onderzoek deel, die op ongeveer 7% van de adressen woonden, waaraan een uitnodiging tot deelname was gezonden. Van deelname aan het onderzoek zijn uitgesloten: personen met nachtdiensten, personen die elke nacht van persoonlijke gehoorbescherming gebruik maakten, personen die de nachtelijke verzorging hadden van een huisgenoot, personen die minder dan zes weken vóór de aanvang van het onderzoek op hun locatie waren begonnen met het gebruik van slaapmiddelen.

De deelnemers namen zes nachten (1572 deelnemersnachten in totaal) en vijf dagen aan het onderzoek deel: van woensdagavond tot dinsdagmorgen in de week erna. Zij waren van 18 tot 80 jaar oud; 45% mannen en 55% vrouwen). Ruim 30% van de deelnemers nam op een adres als enige deel; bijna 70% van de deelnemers behoorde tot een deelnemend koppel. 210 deelnemers woonden op wegverkeerslocaties en de overige 52 op railverkeerslocaties. De deelnemers waren tijdens het onderzoek op de voor hen gebruikelijke manier blootgesteld aan weg- of railverkeersgeluid.

1.3 Slaap en meten van indicatoren van slaapverstoring

Slaap is niet louter de afwezigheid van de waaktoestand, maar het is een cyclisch verlopend, actief neurofysiologisch en hormonaal proces. Door te slapen herstelt de mens lichamelijk en geestelijk van zijn inspanningen. Ook verwerken we tijdens de slaap informatie die we gedurende de dag opdeden. Slaap gaat over het algemeen gepaard met een daling in sympatische activiteit en een stijging in parasympatische activiteit. Slaap wordt gekenmerkt door verminderd sensorisch en motorisch functioneren. Hoewel de sensorische functies tijdens de slaap verminderd zijn, heeft onderzoek aangetoond dat de slapende mens op geluid reageert, want geluiden verminderen de slaapdiepte, verhogen de hartslag, en veroorzaken een toename in (kleine) bewegingen van het lichaam (verhoging van motiliteit). Een meer extreme reactie op geluid is ontwaken.

Om op grote schaal onderzoek naar slaapverstoring uit te kunnen voeren met een minimale inbreuk op de privacy en de slaapgewoonten van deelnemers, zijn voor het objectiveren van de slaapverstoring in het huidige onderzoek actimeters gebruikt. Een actimeter detecteert bewegingen (motorische activiteit, motiliteit). De gebruikte actimeters zijn voorzien van een drukknopje waarmee de drager zelf kan vastleggen dat hij wakker is geworden (zelf-geregistreerd ontwaken). Daarnaast is informatie over slaapverstoring met ochtend- en avondlogboekjes verzameld. Tevens hebben de deelnemers vijf maal gedurende de dag en avond een slaperigheids-strip ingevuld, te beginnen om ongeveer 10 uur 's ochtends en eindigend om ongeveer 8 uur 's avonds. Voor de aanvang van het onderzoek vulden de deelnemers een uitvoerige vragenlijst in.

Van de 262 deelnemers deden er 36 mee aan onderzoek, waarin met behulp van ECG-opnames informatie verzameld is over de hartslag tijdens de slaap. Het betreft 22 personen op drie wegverkeerslocaties (één snelweg, één provinciale weg en één lokale weg), en 14 personen op de vier railverkeerslocaties.

De actimeter wordt gebruikt om (kleine) bewegingen van ledematen, meestal de pols, vast te leggen. Het is een apparaatje dat als een horloge om de pols gedragen wordt, en dat thuis eenvoudig zonder supervisie gebruikt kan worden. Gedurende een aantal dagen en nachten kunnen ze gegevens verzamelen en in het interne geheugen opslaan, gegevens die na afloop van een meetsessie in een computer worden overgebracht en geanalyseerd. De in het onderzoek gebruikte actimeters (Cambridge Neurotechnology Ltd, UK, type AW4) waren zo ingesteld dat ze aan het eind van elk interval van 15 seconden, naast het tijdstip, informatie in het geheugen opsliepen waaruit afgeleid kon worden of er een, eventueel kleine, beweging (motiliteit) had plaatsgevonden. Onze deelnemers sliepen gemiddeld 7,5 uur per nacht. Gedurende die 1800 15-s intervallen trad in bijna 100 15-s intervallen *motiliteit* op. Dit komt overeen met een totaal gemiddelde kans op motiliteit in een 15-s interval van 0,054. Ter vergelijking: bij het uitvoeren van fysieke activiteit als men wakker is, is de kans op motiliteit in een 15-s interval nagenoeg 1. In ruim 50 15-s intervallen van een slaaperiode van gemiddelde duur trad *begin van motiliteit* op: de totaal gemiddelde kans op *begin van motiliteit* in een 15-s interval is 0,030.

1.4 Geluidsmetingen

Voor het meten van de nachtelijke geluidsbelasting hebben we één buitenmeter (Larson & Davis, model 870) en 12 binnenmeters (Larson & Davis, model 820) gebruikt. De buitenmeter was op particulier terrein (tuin of balkon van een deelnemer)

bij de drukke weg of de spoorbaan van een locatie opgesteld. Deze plaats is niet volledig gestandaardiseerd, want de plaats is niet alleen gekozen op akoestische gronden, maar ook op grond van de noodzaak tot stroomvoorziening en van de noodzaak om vandalisme te voorkomen. In de slaapkamer van elke deelnemer was een binnenmeter geplaatst. Elke geluidsmeter registreerde continu het A-gewogen geluidniveau per seconde tussen 10 uur 's avonds en 9 uur 's ochtends van een meetnacht^a. Op basis van de verschillen in *maximum geluidniveau buiten* en *maximum geluidniveau binnen* van de luidste verkeerspassages in het stilste deel van de nacht hebben we voor elke slaapkamer het zogenoemde *buitenbinnenverschil (bbv)* bepaald. Op basis van de geluidsmetingen buiten zijn de *geluidsbelastingen* door het geluid van het verkeer berekend voor de situatie *buiten*. De *geluidsbelasting binnen* in de slaapkamer *door het verkeer* is berekend door de *geluidsbelasting buiten door het verkeer* te verminderen met *bbv*. Op basis van de *geluidsmetingen binnen in de slaapkamer* zijn de *geluidsbelastingen door alle geluiden in de slaapkamer* tijdens de slaap berekend.

Voor elke locatie zijn zowel het over de deelnemers gemiddelde *equivalente geluidniveau buiten al shet equivalente binnen gedurende de slaaptijden* van de deelnemers berekend. De gemiddelde waarden *buiten* liggen tussen 49 en 65 dB(A). De gemiddelde waarden *binnen* zijn voor alle locaties ongeveer 25 dB(A), onafhankelijk van de buitenwaarden. De verschillen tussen de gemiddelde buiten- en binnenwaarden zijn onder meer het gevolg van de geluidwering van de gevels van de slaapkamers, de stand van het slaapkamerraam (open of gesloten raam), en de positie van de slaapkamer ten opzichte van de geluidsbron (raam met of zonder zicht op de weg of de spoorbaan).

Uit de met de buitenmeter gemeten A-gewogen geluidniveaus per seconde is een grootheid *40db* bepaald, waarbij *p40db* het percentage van de tijd is dat het geluidniveau over een seconde buiten op een locatie tussen 23 uur 's avonds en 7 uur 's morgens ten hoogste 40 dB(A) is. In het huidige onderzoek bleek globaal voor snelwegverkeer *p40db* 1,5% te zijn (daar zijn lagere achtergrondniveaus dus bijna niet aanwezig), voor railverkeer 40% en voor lokaal/provinciaal wegverkeer ligt *p40db* tussen 5 en 50%. Het (vrijwel) afwezig zijn van lage (A-gewogen) achtergrondniveaus op alle snelwegverkeerslocaties en op de meeste lokale en provinciale wegverkeerslocaties kunnen we verklaren door het grote vervoersaanbod, door het geluid van vrachtwagens en personenauto's dat rechtstreeks van ver en van dichtbij de woning bereikt, en door reflectie (via woningen en bomen verderop, eventueel aan de overkant van de straat) van verder weg door voertuigen geproduceerd geluid. Dat verklaart de deken van (laagfrequente) ruis die langs snelwegen waar te nemen is en die binnen de bezochte locaties subjectief niet van de kortste afstand tot de weg leek af te hangen.

Ook is uit de A-gewogen 1-s geluidniveaus gemeten tussen 23 uur 's avonds en 7 uur 's morgens voor elke locatie *L90,8uur* (het niveau dat wordt overschreden door 90% van de per seconde gemeten geluidniveaus) berekend (globaal voor snelwegverkeer 45 dB(A), voor lokaal/provinciaal wegverkeer 38 dB(A), voor railverkeer 35 dB(A)). De correlatie tussen de logaritme van *p40db* en *L90,8uur* is zeer hoog (correlatiecoëfficiënt gelijk aan - 0,97).

^a De geluidsmaten (maximum geluidniveau, 'sound exposure level' (SEL), equivalent geluidniveau over een periode T) zijn bepaald aan de hand van de definities die gegeven zijn in:
 ISO. Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise
 - Part 1: Basic quantities and assessment. Geneva: International Standards Organization; 2003; ISO 1996-1
 - Part 2: Determination of environmental noise levels (Draft). Geneva: International Standards Organization; 2006; ISO/FDIS 1996-2.

1.5 Vragenlijst aan niet-deelnemers

Om na te gaan of de uitkomsten van het onderzoek vertekend zijn door selectieve respons van de deelnemers, is aan een deel van de oorspronkelijk benaderde adressen een verzoek tot invullen van een vragenlijst gezonden. Om de geluidsbelasting van deelnemers en van personen die een niet-deelnemersvragenlijst invulden zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming te brengen, zijn de adressen van buurwoningen van deelnemers geselecteerd. In totaal hebben 183 personen een niet-deelnemersvragenlijst ingevuld. Bij vergelijking van de resultaten van het onderzoek en het onderzoek onder niet-deelnemers kwamen geen aanwijzingen voor vertekening van de resultaten door selectieve respons van de deelnemers naar voren.

2. Blootstelling-effectrelaties

2.1 Inleiding

We hebben relaties onderzocht op drie tijdschalen:

- Momentaan niveau: effectvariabelen die per *15-s interval* zijn bepaald [kans op motiliteit, kans op begin van motiliteit, kans op zelf-geregistreerd ontwaken, hartslagfrequentie, duur van een hartslag (IBI) en variabiliteit in IBI (voor elke hartslag bepaald over een periode van 5 minuten, van 2,5 minuut vóór tot 2,5 minuut na de hartslag)] hebben we in verband gebracht met het *geluid tijdens een verkeerspassage* of met andere geluidsbelastingsmaten op dezelfde tijdschaal;
- Niveau van een etmaal (inclusief één slaaperperiode): indicatoren voor slaapverstoring die betrekking hebben op één slaaperperiode, één inslaaperperiode of op de dag erna hebben we in verband gebracht met de *blootstelling aan verkeersgeluid tijdens de slaaperperiode of tijdens de inslaaperperiode* en met de *blootstelling aan alle geluiden in de slaapkamer* op dezelfde tijdschaal;
- Op geaggregeerd en lange termijn niveau: indicatoren voor slaapverstoring die geaggregeerd zijn over zes nachten en indicatoren voor slaapverstoring die betrekking hebben op een langere periode, verkregen uit de vragenlijst, hebben we in verband gebracht met *blootstelling aan verkeersgeluid tijdens zes slaaperperiodes* en met *blootstelling aan alle geluiden in de slaapkamer* op dezelfde tijdschaal.

De uitgevoerde analyses zijn in de volgende tabel gegeven:

	<i>passage</i>	<i>nacht</i>	<i>geaggregeerd, lange termijn</i>
motiliteit	+	+	+
zelf-geregistreerd ontwaken	+	+	+
hartslag	+	+	+
logboek/slaperigheidsstrip		+	
vragenlijst			+

In de eerste kolom zijn de vijf typen effectvariabelen opgenomen: motiliteit, zelf-geregistreerd ontwaken, hartslagvariabelen, variabelen uit de logboekjes en de slaperigheidsstrips, en variabelen uit de vragenlijst. Elke volgende kolom vertegenwoordigt een tijdschaal. In de tabel is met + aangegeven welke relaties op welk tijdniveau zijn onderzocht.

In het volgende is per onderdeel een overzicht gegeven van de resultaten van de analyses, soms vergezeld van enige discussie en interpretatie. Aan elk onderdeel is een kleine tabel toegevoegd, waarin globaal de resultaten zijn weergegeven voor dezelfde effectvariabelen als in de voorgaande tabel. Daarbij zijn de volgende symbolen gebruikt:

- ++ tussen een effectvariabele of een aantal effectvariabelen van hetzelfde type en de geluidsbelasting *binnen* in de slaapkamer *door het geluid van de verkeersbron* bestaan één of meer sterke (statistisch significante) relaties
- + tussen één effectvariabele en de geluidsbelasting *binnen* in de slaapkamer *door het geluid van de verkeersbron* bestaat één (statistisch significante) relatie met de geluidsbelasting *binnen* in de slaapkamer *door het geluid van de verkeersbron* is, maar deze relatie is niet sterk
- /+ tussen de effectvariabelen en de geluidsbelasting *binnen* in de slaapkamer *door het geluid van de verkeersbron* bestaat geen relatie, en met de geluidsbelasting *door alle geluiden in de slaapkamer* bestaat tenminste één (statistisch significante) relatie
- er is geen (statistisch significante) relatie gevonden, of de relaties strookten niet met de vooraf gestelde hypothesen
- nvt niet van toepassing.

De relaties zijn op basis van vooraf gestelde hypothesen éénzijdig getoetst met een significantieniveau van 0,05.

We hebben geen relaties kunnen vaststellen tussen de op één plaats van een locatie gemeten geluidsbelasting *buiten* en de effectvariabelen.

2.2 Acute effecten

	pas
mot	++
ontw	-
hart	-/+
logb	nvt
vrglst	nvt

2.2.1 Inleiding

We hebben wat de momentane effecten door verkeerspassages betreft, de onderzoeksperiode beperkt tot midden in de nacht: van 0 tot 4 uur op nachten vóór werkdagen (Zondagnacht tot en met Donderdagnacht), en van 1 tot 5 uur wat betreft nachten vóór weekenddagen (Vrijdagnacht en Zaterdagnacht). De onderzochte slaaperiodes van de deelnemers zijn daarmee in 10% van de gevallen meer dan 4,5 uur (4,5 uur voor die deelnemers die om half twaalf op een avond voor een werkdag insliepen of om half één op een avond voor een weekenddag).

Een verkeerspassage is gedefinieerd op basis van de *buitenmetingen*. Eerst zijn de (veelal niet meer dan een paar minuten durende) intervallen bepaald waarin de *1-s geluidniveaus* $L_{90,30min}$ met ten minste 15 dB(A) overschreden, waarbij $L_{90,30min}$ het geluidniveau is dat wordt overschreden door 90% van de *1-s geluidniveaus* in een periode van 30 minuten. Vervolgens is het *maximum geluidniveau* tijdens zo'n interval bepaald. Als binnen het interval een – 10 dB(A) punt^a vóór en één na het maximum kon worden bepaald, besloten we dat we met een verkeerspassage te maken hadden, die ver genoeg boven het achtergrondniveau uitkwam om hoorbaar te zijn. Op deze wijze werden passages van railverkeer en van wegverkeer op locale/provinciale wegen als zodanig aangemerkt, als hun *maximum geluidniveau op de buitenmeter* minstens 58 dB(A) was, en passages van wegverkeer op snelwegen als hun *maximum geluidniveau*

^a Een – 10 dB(A) punt kan bepaald worden als het verschil tussen het *maximum geluidniveau* en een *1-s geluidniveau* ten minste 10 dB(A) is).

op de buitenmeter minstens 65 dB(A) was. In totaal zijn op momentaan niveau met bijna 6300 verkeerspassages analyses uitgevoerd.

Om relaties tussen *momentane* effecten door verkeersgeluid op hartslag, motiliteit, en zelf-geregistreerd ontwaken vast te stellen hebben we het zogenoemde *effectbeoordelings-interval* geïntroduceerd. Aan de, eventueel meer dan één 15-s interval bevattende, periode waarin een passage op de buitenmeter optrad hebben we twee 15-s intervallen toegevoegd: één 15-s interval vóór het (eerste) 15-s interval en één 15-s interval na het (laatste) 15-s interval van de periode van passage. We waren hiertoe gedwongen, omdat het niet mogelijk bleek om uit het tijdstip van het passeren door een voertuig van de buitenmeter, het tijdstip van passeren door dat voertuig van een slaapkamer betrouwbaar te bepalen. De analyses berusten op in totaal meer dan 48000 effectbeoordelings-intervallen van de deelnemers. Ze zijn gemiddeld 4,4 15-s intervallen lang, ruim 70% van de effectbeoordelings-intervallen bestaat uit 3 of 4 15-s intervallen, en van de railverkeerspassages is 2,5% van de effectbeoordelings-intervallen tenminste 2 minuten (dat houdt gemiddeld één passage in twee nachtdelen van vier uur in).

Om momentane effecten door verkeerspassages te bestuderen hebben we ons gebaseerd op verschillen in waarnemingen in 15-s intervallen binnen en buiten de effectbeoordelings-intervallen. We hebben daarbij steeds gekeken naar het verschil, als functie van de tijd na inslapen en van een geluidsvariabele, in de waarde van een effectvariabele in de 15-s intervallen van de effectbeoordelings-intervallen en die waarde op dezelfde tijd na inslapen in de 15-s intervallen buiten de effectbeoordelings-intervallen. Dit verschil is de toename van een effectvariabele door geluid; in het geval van een binaire grootheid (motiliteit, zelf-gerapporteerd ontwaken) spreken we van extra kans door geluid.

De geluidsbelastingsvariabelen die een relatie te zien geven met effectvariabelen zijn het *maximum geluidniveau buiten* van een verkeerspassage verminderd met het *buitenbinnenverschil* (L_{max_bbv}), de zogenoemde *SEL* (het totale geluidniveau) van een verkeerspassage buiten verminderd met het *buitenbinnenverschil* (SEL_bbv), en de over een effectbeoordelings-interval *gemiddelde SEL* binnen (SEL_bin). SEL_bin over een 15-s interval van een effect beoordelingsinterval is berekend uit de totale SEL over het effectbeoordelings-interval, rekening houdend met het aantal 15-s intervallen in het effectbeoordelings-interval^a.

2.2.2 Motiliteit

1. Resultaten voor 15-s intervallen

We hebben relaties onderzocht van extra kans op motiliteit en extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval met de drie genoemde momentane geluidsbelastingsvariabelen. Alle zes onderzochte relaties zijn statistisch significant: extra kans op motiliteit en extra kans op begin van motiliteit tijdens een 15-s interval als functie van L_{max_bbv} , SEL_bbv , en SEL_bin . We hebben daarbij als hypothese genomen dat de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit toeneemt naarmate de geluidsbelastingsvariabele toeneemt. Voor extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit in een 15-s interval met L_{max_bbv} bestaat een iets minder sterk verband dan met SEL_bbv . Voor SEL_bin zijn de verbanden een fractie sterker dan voor SEL_bbv .

	pas
mot	++
ontw	-
hart	-/+

^a Bijvoorbeeld, als de totale SEL van een effectbeoordelings-interval van 4 15-s intervallen gelijk is aan 50 dB(A), dan is SEL_bin van elk van deze 4 15-s intervallen gelijk aan $50 - 10 \cdot \log 4 = 44$ dB(A).

De tijd na inslapen is van groot belang in de relaties: door de luidste onderzochte verkeerspassages zijn 4,5 uur na inslapen de extra kansen ongeveer een factor vijf groter dan een half uur na inslapen. De extra kans op motiliteit bij de luidste onderzochte verkeerspassages in een 15-s interval is 4,5 uur na inslapen globaal 10 tot 15% van het totaal gemiddelde van de kans op motiliteit (0,054); de extra kans op begin van motiliteit is ongeveer 10% van het totaal gemiddelde van de kans op begin van motiliteit (0,030).

Van enig belang is ook de achtergrondvariabele *p40db*. Bij de luidste onderzochte verkeerspassages is 4,5 uur na inslapen de extra kans op motiliteit bij een waarde van *p40db* van 1,5 (snelweglocaties) ongeveer 25% hoger dan bij een waarde van 40 (railverkeer); voor begin van motiliteit is dit bijna 10%.

Bij gelijke waarden van een geluidsbelastingsvariabele is de extra kans op *begin van motiliteit* bij mannen groter dan bij vrouwen. Dit geldt voor alle drie de geluidsbelastingsvariabelen ongeveer in gelijke mate. Bij de luidste onderzochte verkeerspassages is 4,5 uur na inslapen de extra kans op begin van motiliteit bij mannen ongeveer 1,5 maal zo groot als bij vrouwen. Dit verschil is globaal 4,5% van het totaal gemiddelde van de kans op begin van motiliteit (0,03). We hebben geen verschil in extra kans op *motiliteit* tussen mannen en vrouwen geconstateerd. Klaarblijkelijk begint de extra motiliteit zowel door verkeerspassages als door alle geluiden in de slaapkamer bij mannen iets vaker op te treden, maar is de motiliteit van mannen van iets kortere duur dan die van vrouwen.

Brontype (snelwegverkeer, lokaal/provinciaal wegverkeer, railverkeer) heeft geen invloed op het resultaat van de analyses. De verschillen tussen bronnen wordt geheel verklaard door verschillen in *p40db*.

2. *Motiliteit door weg- en railverkeerspassages*

We hebben de totale extra kans op (begin van) motiliteit *door een verkeerspassage* geschat door rekening te houden met het aantal 15-s intervallen in een effectbeoordelings-interval. Het gemiddeld aantal 15-s intervallen per effectbeoordelings-interval is 4,4. Er is niet veel verschil in het gemiddeld aantal tussen de brontypen. Globaal wordt de kans op *motiliteit* door een verkeerspassage van gemiddelde duur ten opzichte van de kans op motiliteit in een 15-s interval ongeveer een factor 3,5 vergroot en de kans op *begin van motiliteit* ongeveer een factor 3,8. Bij de ruim 2,5% van de railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten, zijn de extra kansen door zo'n verkeerspassage ongeveer 1,5 maal zo groot als voor een verkeerspassage van gemiddelde duur. Globaal neemt de kans op motiliteit door de luidste onderzochte verkeerspassages van gemiddelde duur 4,5 uur na inslapen toe met 50% van het totaal gemiddelde van de kans op motiliteit (van 0,054 tot 0,081); de kans op begin van motiliteit met ongeveer 40% (van 0,030 tot 0,042).

3. *Vergelijking motiliteit door weg- en railverkeerspassages en door vliegtuigpassages*

We hebben de uitkomsten van het huidige onderzoek met betrekking tot extra kans op motiliteit en extra kans op begin van motiliteit door weg- en railverkeerspassages vergeleken met de extra kansen die we in een eerder onderzoek naar de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid (in de omgeving van Schiphol) hebben vastgesteld^a. De extra kans op motiliteit door weg- en railverkeersgeluid van gemiddelde duur

^a Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM, van der Ploeg FD, Groothuis-Oudshoorn K. Sleep disturbance and aircraft noise. Exposure-effect relationships. Leiden: TNO-PG; 2002; Report nr 2002.027

(effectbeoordelings-interval van 4,4 15-s intervallen) begint bij een overeenkomstige tijd na inslapen (ongeveer 4 uur) bij een lagere L_{max_bbv} op te treden dan de extra kans op motiliteit door vliegtuigpassages (de effecten van weg- en railverkeersgeluid zijn bij lagere niveaus een fractie groter), maar bij L_{max_bbv} van 45 dB(A) (deze waarde wordt door 10% van de passages van weg- en railverkeer overschreden) is de extra kans op motiliteit door weg- en railverkeerspassages bij een overeenkomstige tijd na inslapen (ongeveer 4 uur) ongeveer 40% van die door vliegtuigpassages met dezelfde geluidsbelasting. Voor begin van motiliteit geldt een percentage van ongeveer 50%.

Bij de 2,5% railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten, is het effect van een passage ongeveer 1,5 maal zo groot als voor weg- en railverkeer van gemiddelde duur en daarmee globaal bij L_{max_bbv} van 45 dB(A) van gelijke orde grootte als de vliegtuigpassages met L_{max_bbv} van 45 dB(A). In het geval van vliegtuiggeluid loopt de curve nog door tot een L_{max_bbv} van 68 dB(A) (deze waarde wordt door 10% van de vliegtuigpassages overschreden) en de kans op (begin van) motiliteit door een vliegtuigpassage is dan ongeveer vier keer zo groot als bij 45 dB(A). Bij een overeenkomstige tijd na inslapen (ongeveer 4 uur) geven de luidste waargenomen vliegtuigpassages dus een veel grotere (ongeveer een factor 4) extra kans op (begin van) motiliteit dan de luidste en langste waargenomen railverkeerspassages.

4. Factoren die van invloed zijn op de momentane relaties

We hebben behalve de reeds genoemde additionele variabelen (tijdstip na inslapen, geslacht en $p40db$) geen factoren gevonden die van invloed zijn op de momentane relaties van (begin van) motiliteit met geluidsbelastingsvariabelen. In het onderzoek naar de gevolgen van nachtelijk vliegtuiggeluid rond Schiphol bleek de totale geluidsbelasting door vliegtuiggeluid tijdens de slaap een belangrijke invloed te hebben op de momentane effecten: naarmate de totale geluidsbelasting toenam nam het momentane effect door een vliegtuigpassage af. Deze invloed hebben we in het huidige onderzoek niet gevonden.

2.2.3 Zelf-geregistreerd ontwaken

Het percentage 15-s intervallen waarin op de marker is gedrukt in een effectbeoordelings-interval (0,082) ligt iets hoger dan het percentage 15-s intervallen waarin op de marker gedrukt is buiten een effectbeoordelings-interval (0,077) (voor een slaaptijd van gemiddelde duur betekent het percentage van 0,082 1,5 maal gedurende een slaaptijd op de marker drukken en het percentage 0,077 1,4 maal). Het verschil is niet statistisch significant. Er is wel een verschil tussen mannen en vrouwen in zelf-geregistreerd ontwaken. Het percentage 15-s intervallen waarin vrouwen op de marker gedrukt hebben, is 0,086 (gemiddeld 1,6 maal gedurende een slaaptijd), en voor mannen is dit 0,068 (1,2 maal gedurende een slaaptijd).

	pas
mot	++
ontw	-
hart	-/+

2.2.4 Hartslagvariabelen

We hebben ook de hartslagvariabelen in 15-s intervallen geanalyseerd. We hebben niet alleen gekeken naar de gemiddelden van hartslagfrequentie, IBI en variabiliteit in IBI in een 15-s interval, maar ook naar de maximum hartslagfrequentie, en de minimum IBI. Het is immers de verwachting dat de hartslagfrequentie onder invloed van geluid van een verkeerspassage tijdens de effectbeoordelings-intervallen gedurende een korte periode (in de orde van een paar secondes) toeneemt (en IBI afneemt), waardoor er tijdens de effectbeoordelings-

	pas
mot	++
ontw	-
hart	-/+

intervallen een maximum in de hartslagfrequentie op zou treden (en een minimum in IBI) en buiten de effectbeoordelings-intervallen niet. De relaties die we gevonden hebben betreffen uitsluitend relaties met de *in de slaapkamer gemeten geluidsbelasting (SEL_{bin})*. Het tijdstip na inslapen is belangrijk voor de hoogte van het effect. De hartslag van mannen reageert vrijwel niet op geluid met de in de slaapkamers voorkomende niveaus. Bij de hoogste geluidsbelasting (*SEL_{bin}* gelijk aan 55 dB(A)) is bij mannen voor het laatste deel van de bestudeerde slaaperperiode de verandering in hartslagfrequentie en IBI 0,5 – 1% van de totaal gemiddelden. Bij vrouwen lijken er wel acute effecten in de hartslag op te treden. Bij de laagste waarden van het geluidsbelastingsbereik (*SEL_{bin}* van 35 dB(A)) is de toename in gemiddelde en maximum hartslag globaal tot 1,5 slag per minuut (2% van het totaal gemiddelde voor vrouwen) en bij de hoogste waarden van het geluidsbelastingsbereik (*SEL_{bin}* gelijk aan 55 dB(A)) zijn deze toenames tot 2,5 slag per minuut (3,5% van het totaal gemiddelde voor vrouwen).

2.2.5 *Beperking*

We moeten wat het resultaat over de momentane effecten betreft een restrictie maken. Uit onze analyses blijkt dat de waargenomen momentane effecten door verkeerspassages sterk toenemen met het tijdstip na inslapen. Aangezien we in de analyses alleen effecten in slaaperperiodes onderzocht hebben die lopen tot ruim 4,5 uur na inslapen (60% van de gemiddelde slaaperperiode), kunnen we geen uitspraken doen over relaties die voor na die tijd gelden. Het is echter wel te verwachten dat de relaties aan het eind van de slaaperperiode grotere effecten te zien zouden geven dan de in dit rapport gepresenteerde relaties.

2.3 Effecten gedurende gedeelten van een etmaal

	nacht
mot	++
ontw	++
hart	+
logb	-/+

2.3.1 *Inleiding*

De volgende delen van een etmaal zijn beschouwd:

- de slaaperperiode
- de inslaaperperiode (periode vanaf het tijdstip waarop men tracht te gaan slapen tot het tijdstip van inslapen)
- de dag en avond.

De variabelen die we gebruikt hebben om de geluidsbelasting over een slaaperperiode te kenmerken zijn:

- het over een slaaperperiode van een deelnemer berekende zogenoemde *equivalente geluidniveau buiten* van het verkeersgeluid verminderd met het *buitenbinnenverschil* (verder de geluidsbelasting binnen door het verkeer genoemd)
- het over een slaaperperiode van een deelnemer in de slaapkamer gemeten *equivalente geluidniveau* (verder de totale geluidsbelasting in de slaapkamer genoemd)
- het over een slaaperperiode van een deelnemer (exponentieel) berekende verschil tussen de totale geluidsbelasting in de slaapkamer en de geluidsbelasting binnen door het verkeer, dat wil zeggen de geluidsbelasting in de slaapkamer die niet is veroorzaakt door het verkeer^a.

^a Voor de berekeningswijze: zie de referenties in de voetnoot van 1.4 van deze samenvatting.

De geluidsbelasting tijdens een inslaaperperiode hebben we gekenmerkt met de geluidsbelasting (equivalent geluidniveau) binnen door het verkeer tijdens de inslaaperperiode en met de totale geluidsbelasting (equivalent geluidniveau) in de slaapkamer tijdens het inslapen.

2.3.2 *Effecten over een slaaperperiode*

Motiliteit

	nacht
mot	++
ontw	++
hart	+
logb	-/+

1. Motiliteit in het huidige onderzoek

De gemiddelde motiliteit en het gemiddelde van het begin van motiliteit over een slaaperperiode hangt bij mannen af van de *geluidsbelasting binnen door het verkeer*, en bij vrouwen niet. De gemiddelde motiliteit en het gemiddelde van begin van motiliteit over een slaaperperiode hangen zowel voor mannen als voor vrouwen af van de *totale geluidsbelasting in de slaapkamer*. De maat waarmee het achtergrondniveau buiten is gekenmerkt, *p40db*, is zowel in de relaties met de geluidsbelasting binnen door het verkeersgeluid als met de totale geluidsbelasting binnen een belangrijke factor. Dat heeft tot gevolg dat motiliteit en begin van motiliteit in situaties met railverkeersgeluid door het lage achtergrondniveau zowel bij mannen als vrouwen lager (globaal 28% van het totaal gemiddelde) ligt dan bij de snelwegverkeerslocaties met dezelfde geluidsbelasting binnen door het verkeersgeluid, en ook dat de motiliteit en begin van motiliteit op de locaties met lokaal/provinciaal wegverkeer lager (globaal 18% van het totaal gemiddelde) ligt dan bij de snelwegverkeerslocaties met dezelfde geluidsbelasting binnen door het verkeersgeluid.

Hoewel we hebben aangetoond dat de geluidsbelasting in de slaapkamer door het verkeer geen effect heeft op de motiliteit bij vrouwen, blijkt de geluidsbelasting in de slaapkamer die niet is veroorzaakt door verkeersgeluid wel bij vrouwen een toename in motiliteit te veroorzaken. Deze toename in motiliteit bij vrouwen over het geluidsbelastingsbereik is van dezelfde orde-grootte als deze toename bij mannen. Het lijkt er op dat verkeersgeluid de motiliteit van vrouwen gedurende een slaaperperiode niet beïnvloedt, en dat geluiden die niet van de bron afkomstig de motiliteit van vrouwen in gelijke mate beïnvloedt als de motiliteit van mannen.

We hebben de invloed van andere factoren alleen onderzocht voor de relatie van *motiliteit* en de *geluidsbelasting binnen door het verkeer*. De geluidsbelasting in de slaapkamer die niet door het verkeer wordt veroorzaakt is een belangrijke versturende variabele, waarbij het bij mannen gevonden effect op motiliteit van het verkeersgeluid voor 38% samenhangt met het geluid in de slaapkamer dat niet van het verkeer afkomstig is. Van alle overige onderzochte mogelijke additionele variabelen (inclusief leeftijd) bleken ‘het gebruik van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen’ en ‘het gebruik van een op de slaap werkzaam slaapmiddel of medicijn’ wel statistisch significante additionele variabelen te zijn, maar de invloed op de relatie van motiliteit met de geluidsbelasting binnen door het verkeersgeluid is gering.

2. Toevoegen van gegevens over referentie-locaties

In het huidige onderzoek zijn geen locaties gekozen met afwezigheid van nachtelijk weg- en railverkeersgeluid. Om toch te kunnen beschikken over informatie over personen die vrijwel geen geluidsbelasting door weg- en/of railverkeersgeluid 's nachts hebben, hebben we (ten behoeve van de analyses van motiliteit over een slaaperperiode)

tgegevens gebruikt uit het onderzoek naar de effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid (in de omgeving van Schiphol)^a. Daarbij hebben we de twee locaties geselecteerd met (vrijwel) geen blootstelling aan nachtelijk vliegtuig-, weg- en railverkeersgeluid; op die locaties is *p40db* 57% en *L90,8h* 32 dB(A), dat wil zeggen dat het op die locaties veel rustiger is dan op de locaties in het huidige onderzoek.

Aan de gegevens uit het huidige onderzoek hebben we de gegevens van deze referentie-locaties toegevoegd en opnieuw analyses uitgevoerd. De verkregen relaties verschillen niet essentieel van de relaties zonder de gegevens over de referentie-locaties.

3. Vergelijking met ander onderzoek

Het is voor het eerst dat is aangetoond dat motiliteit en begin van motiliteit bij afwezigheid van een laag achtergrondniveau op een locatie (zoals langs snelwegen) bij de deelnemers veel hoger ligt dan bij deelnemers op locaties met lage achtergrondniveaus (langs spoorlijnen en langs sommige provinciale/lokale wegen). Om te trachten deze bevinding met behulp van ander onderzoek te bevestigen, hebben we de gegevens uit twee andere onderzoeken geanalyseerd en de resultaten vergeleken met die van het huidige onderzoek. Het betreft:

- a. alle gegevens uit ons slaapverstoringsonderzoek naar vliegtuiggeluid, dat drie jaar eerder is uitgevoerd in de omgeving van Schiphol. Het onderzoek is uitgevoerd met 418 deelnemers (4598 deelnemersnachten), waarvan er op 13 locaties 360 deelnemers aan nachtelijk vliegtuiggeluid waren blootgesteld en er 58 deelnemers op de twee referentie-locaties woonden
- b. de originele gegevens uit een omvangrijk Duits onderzoek naar slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid (Griefahn en collega's, 1999, Möhler en collega's, 2000^b). Het onderzoek is uitgevoerd met 188 deelnemers (1710 deelnemersnachten) op wegverkeerslocaties en met hetzelfde aantal deelnemers (1581 deelnemersnachten) op railverkeerslocaties. De deelnemers op de railverkeerslocaties hadden een hogere geluidsbelasting buiten door het verkeer dan die op de wegverkeerslocaties: gemiddeld was het *equivalente geluidniveau buiten door het treinverkeer over acht uur* 5 dB(A) hoger dan dat niveau voor wegverkeer.

Ad a. Vergelijking met het slaapverstoringsonderzoek naar vliegtuiggeluid

Voor elk van de 15 locaties (inclusief de twee referentie-locaties) is *p40db* berekend uit de *1-s geluidniveaus* op de buitenmeter over 8 uur en over hetzelfde aantal nachten als in het huidige onderzoek. De gemiddelde waarde van *p40db* over de 15 locaties bleek 40% te zijn, met drie waarden lager dan 30%, en de laagste waarden was 15%. De verdelingen van de *1-s geluidniveaus* op de buitenmeter lijken globaal op die van railverkeerslocaties in het huidige onderzoek. Er zijn blootstellings-effectrelaties afgeleid met de *geluidsbelasting door het vliegverkeer binnen* als geluidsvariabele,

^a Zie voetnoot a bij 2.2.2 van deze samenvatting.

^b Griefahn B, Möhler U, Schümer R.(Hrsg). Vergleichende Untersuchung über die Lärmwirkung bei Strassen- und Schienenverkehr (Hauptbericht-Textteil, Kurzfassung, Abbildungen und Tabellen,Dokumentationsanhang). München: SGS; 1999.
Möhler U, Liepert M, Schümer R.(Hrsg), Griefahn B. Differences between Railway and Road Traffic Noise. J Sound Vib 2000; 231(3):853-864.

gemiddelde motiliteit gedurende de slaaperperiode als effectvariabele, en $p40db$ als mogelijke additionele factor. Het bleek dat $p40db$ geen invloed heeft op de relatie. Gezien de afwezigheid van lage waarden van $p40db$ is dat ook niet verwonderlijk. Globaal bleek de toename van de motiliteit met de vliegtuiggeluidsbelasting binnen ongeveer gelijk te zijn aan de toename van de motiliteit met de geluidsbelasting door weg- en railverkeer in het huidige onderzoek, hoewel details met betrekking tot leeftijd en geslacht verschilden.

Ad b. Vergelijking met het Duitse slaapverstoringsonderzoek naar weg- en railverkeersgeluid

Over het Duitse onderzoek hebben de Duitse onderzoekers gegevens over motiliteit ter beschikking gesteld, waarbij motiliteit is bepaald in 30-s intervallen. Ter vergelijking hebben we uit de gegevens uit het huidige onderzoek en die van de referentie-locaties uit het onderzoek naar slaapverstoring door vliegtuiggeluid, waarin motiliteit in 15-s intervallen is gemeten, de motiliteit in 30-s intervallen berekend. Op basis van de Duitse geluidsgegevens (voor elke deelnemer slechts over één nacht binnenmetingen) was het volgens ons niet mogelijk om voor elke deelnemer afzonderlijk voldoende betrouwbaar de geluidsbelasting binnen door het verkeer te bepalen. Daarom hebben we geen expositie-effectrelaties kunnen opstellen. Wel hebben we de toename van de motiliteit als functie van de tijd na inslapen bepaald in vier subgroepen; deze subgroepen zijn gevormd op basis van geslacht en type geluidsbron. In het Duitse onderzoek bleek $p40db$ zowel voor weg- als railverkeerslocaties hoog te zijn: gemiddeld voor weg verkeerslocaties 58% en voor railverkeerslocaties 61,5% (dat wil zeggen er waren geen locaties met afwezigheid van een laag achtergrondniveau). Daarom konden we met deze gegevens het belang van de afwezigheid van lage achtergrondniveaus niet volledig bevestigen. Wat we wel konden laten zien is dat ons model voor gemiddelde motiliteit tijdens de slaaperperiode (geen effect op motiliteit van vrouwen door de geluidsbelasting binnen door het verkeer, wel effect op motiliteit van mannen, hogere motiliteit bij mannen en vrouwen bij een lage waarde van $p40db$ en lagere motiliteit bij mannen en vrouwen bij een hoge waarde van $p40db$) zeer goed overeenkwam met de geconstateerde resultaten:

- de motiliteit als functie van de tijd na inslapen in de Duitse vrouwen bleek zowel op de weg- als railverkeerslocaties identiek te zijn aan die van de Nederlandse vrouwen op de referentie-locaties ($p40db$ gelijk aan 57%)
- de motiliteit als functie van de tijd na inslapen in de Duitse mannen bleek zowel op de weg- als railverkeerslocaties geringer te zijn dan de motiliteit van mannen in het huidige onderzoek
- de motiliteit als functie van de tijd na inslapen in de Duitse mannen op de railverkeerslocaties bleek hoger dan de motiliteit in de Duitse mannen op de wegverkeerslocaties. Dit strookt met de hogere geluidsbelasting door verkeersgeluid *buiten* van de deelnemers op de railverkeerslocaties.

Zelf-geregistreerd ontwaken

De over een slaaperperiode gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval neemt toe met de *geluidsbelasting binnen door het verkeer*. Geslacht heeft invloed op deze relatie. Bij dezelfde geluidsbelasting binnen door het verkeer is de kans op zelf-geregistreerd ontwaken bij vrouwen groter dan bij mannen. De kans op zelf-geregistreerd ontwaken neemt over het beschouwde geluidsbelastingsbereik bij vrouwen globaal toe van 1,3 tot 2 maal per slaaperperiode, en bij mannen van 1,1 tot 1,5 maal per slaaperperiode.

	nacht
mot	++
ontw	++
hart	+
logb	-/+

Er is ook een verband tussen zelf-geregistreerd ontwaken en de *totale geluidsbelasting in de slaapkamer*; dit verband is zwakker dan met de geluidsbelasting binnen door het verkeer.

Er is verschil tussen mannen en vrouwen in hun reactie op de geluidsbelasting binnen door het verkeer. Bij een bepaalde geluidsbelasting binnen door het verkeer is motiliteit bij mannen hoger dan bij vrouwen, en zelf-geregistreerd ontwaken bij mannen lager dan bij vrouwen. Bij vrouwen is er geen effect op motiliteit door het verkeersgeluid, maar wel op zelf-geregistreerd ontwaken. Dit suggereert sterk dat er verschil tussen mannen en vrouwen is in de factoren, die een rol spelen bij motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken door verkeersgeluid.

Hartslagvariabelen

We hebben geen relatie kunnen vaststellen tussen de geluidsbelastingen en gemiddelde hartslagvariabelen (hartslag in slagen per minuut, IBI in ms en variabiliteit in IBI in 5-minuten intervallen). We hebben ook onderzocht of er een relatie is tussen de geluidsbelasting binnen door het verkeersgeluid en de verandering in hartslag, IBI en variabiliteit in IBI over de slaaperperiode. We hebben geen relatie gevonden tussen de verandering in de hartslagfrequentie en de verandering in IBI over de slaaperperiode en de geluidsbelasting. Wel zijn deze veranderingen over de slaaperperiode afhankelijk van de waarden aan het begin van de slaaperperiode. Bij een snelle hartslag aan het begin van de slaaperperiode neemt de hartslag af, bij een langzame hartslag blijft de hartslag constant of neemt iets toe. De verandering in de *variabiliteit in IBI* over een slaaperperiode is voor de subgroep deelnemers met een aan het begin van de slaaperperiode geringe variabiliteit in IBI een afnemende functie van de geluidsbelasting binnen door het verkeer en voor de subgroepen deelnemers met een aan het begin van de slaaperperiode hoge variabiliteit in IBI constant. We verklaren dit met verschillen tussen de subgroepen in de verandering van het evenwicht tussen het sympatische en parasympatisch zenuwstelsel.

	nacht
mot	++
ontw	++
hart	+
logb	-/+

Variabelen uit de logboekjes

De variabelen uit de logboekjes hebben we gerelateerd aan de geluidsmaten. Er bleken drie statistisch significante relaties met de *totale geluidsbelasting binnen*, namelijk van 'moeite met inslapen', 'mate van uitgerust zijn na het opstaan' en 'ervaren slaapkwaliteit na het opstaan'. Er was geen relatie met de *geluidsbelasting binnen door het verkeer*.

	nacht
mot	++
ontw	++
hart	+
logb	-/+

2.3.3 Effecten tijdens de inslaaperperiode

De duur van de inslaaperperiode neemt toe met de geluidsbelasting binnen door het verkeer tijdens het inslapen, over het geluidsbelastingsbereik van gemiddeld bijna 17 tot ruim 21 minuten. De geluidsbelasting binnen die niet veroorzaakt wordt door het verkeer is een versturende variabele: de toename in de inslaaperperiode met de geluidsbelasting binnen door het verkeer is voor bijna de helft te verklaren uit de toename van de geluidsbelasting binnen die niet veroorzaakt wordt door het verkeer.

	nacht
duur	+
hart	-
logb	-

2.3.4 Effecten over de dag en avond

Op vijf tijdstippen van de dag en avond (ongeveer 10.00, 12.30, 15.00, 17.30, 20.00 uur) hebben de deelnemers de slaperigheidsstrip ingevuld over de mate van slaperigheid/vermoeidheid. We hebben geen statistisch significante relatie met de geluidsbelastingen kunnen vaststellen. Wel

	nacht
slaperig overdag	-

blijkt uit de slaperigheidsstrips dat men zich 's morgens veel minder slaperig/ uitgerust voelt dan 's avonds.

2.4 Effecten over zes nachten en langere termijn variabelen uit de vragenlijst

2.4.1 Inleiding

De variabelen die we gebruikt hebben om de geluidsbelasting over de zes slaaperiodes van een deelnemer te kenmerken zijn het over deze zes slaaperiodes berekende *equivalente geluidniveau buiten* van het verkeer verminderd met het *buitenbinnenverschil* (verder de geaggregeerde geluidsbelasting binnen door het verkeer genoemd), en het over de zes slaaperiodes in de slaapkamer gemeten *equivalente geluidniveau* (verder de geaggregeerde totale geluidsbelasting in de slaapkamer genoemd).

	ag.lt
mot	++
ontw	-
hart	-/+
logb	nvt
vrglst	++

2.4.2 Motiliteit, zelf-geregistreerd ontwaken, en hartslagvariabelen

Voor de relaties van de over zes nachten geaggregeerde waarden van motiliteit en van begin van motiliteit met de genoemde geluidsbelastingen binnen vinden we hetzelfde beeld als voor de relaties over één slaaperiode. Er zijn op geaggregeerd niveau geen exopositieve-effectrelaties voor zelf-geregistreerd ontwaken en er is één relatie tussen de *geaggregeerde totale geluidsbelasting in de slaapkamer* en de hartslagvariabelen, namelijk een afname van de variabiliteit in IBI bij een toename van deze geluidsbelasting.

	ag.lt
mot	++
ontw	-
hart	-/+
logb	nvt
vrglst	++

2.4.3 Variabelen uit de vragenlijst

Relaties tussen de *geaggregeerde geluidsbelasting binnen door het verkeer* en effectvariabelen uit de vragenlijst zijn er voor

- vijf variabelen, die rechtstreeks met de geluidsbelasting door het verkeer tijdens de slaap te maken hebben ('mate van hinder door brongeluid in slaapkamer', 'ontevredenheid over brongeluid in de slaapkamer', 'frequentie slaapverstoring door brongeluid', 'mate van slaapverstoring door brongeluid', 'frequentie wakker door brongeluid')
- één variabele met betrekking tot geluidhinder in de woning door de bron
- twee algemene gezondheidsvariabelen: 'algemene slaapkwaliteit' en 'ervaren gezondheid'.

	ag.lt
mot	++
ontw	-
hart	-/+
logb	nvt
vrglst	++

Het is plausibel te veronderstellen dat de eerstgenoemde vijf variabelen die rechtstreeks met het verkeersgeluid te maken hebben en de algemene slaapkwaliteit, een causaal verband hebben met de nachtelijke geluidsbelasting. Met betrekking tot ervaren gezondheid en geluidhinder door de bron in de woning vinden we het waarschijnlijk dat de toch al zwakke verbanden ook nog beïnvloed zijn door de geluidsbelasting overdag en 's avonds, hoewel we hierover wegens gebrek aan informatie over die geluidsbelasting geen definitieve uitspraak kunnen doen.

3. Associaties en correlaties

3.1 Inleiding

Voor een goed inzicht in de effecten van verkeersgeluid tijdens de slaap is het ook van belang om de samenhang tussen de effectvariabelen te kennen. We hebben die samenhang bekeken voor de effectvariabelen over een slaaptijd en inslaaptijd, en voor de effectvariabelen geaggregeerd over zes nachten en de langere termijn variabelen uit de vragenlijst. In het laatste geval is er voor elke deelnemer één waarde van een variabele. Dan kan de samenhang worden bepaald met correlatieberekeningen en worden gekenmerkt met de correlatiecoëfficiënt. Met betrekking tot variabelen over een slaaperiode zijn er zes waarnemingen per deelnemer, waarbij de analyses zogenoemd multi-level moeten worden uitgevoerd, en de sterkte van een verband met andere maten wordt gekwantificeerd.

De resultaten zijn samengevat in kleine tabellen, die er ongeveer zo uitzien als de overzichtstabellen in hoofdstuk 2 van deze samenvatting. We beschouwen vier soorten effectvariabelen: motiliteit, zelf-geregistreerd ontwaken, hartslagvariabelen en variabelen uit de logboekjes of uit de vragenlijst. De volgende symbolen zijn in de tabellen gebruikt:

- ++ één of meer variabelen van een bepaalde soort heeft een sterke (statistisch significante) samenhang met één of meer variabelen van de andere soort
- + ten minste één van de variabelen van een bepaalde soort heeft een zwakke (statistisch significante) samenhang met één of meer variabelen van de andere soort.

3.2 Associaties van effectvariabelen over een slaaperiode en inslaaperiode

Slaaperiode

Motiliteit (en begin van motiliteit) en zelf-geregistreerd ontwaken hangen sterk samen. Bij gelijke motiliteit is bij vrouwen de kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval hoger.

Er is ook een samenhang van motiliteit en hartslag.

Bij vrouwen is de hartslag bij dezelfde motiliteit 9 slagen per minuut hoger dan bij mannen. Als de motiliteit toeneemt over het beschouwde bereik neemt de hartslag toe met 5 slagen per minuut.

Er is ook een aantal associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit de logboekjes. Het gaat dan om 'geluidhinder 's avonds', 'mate van uitgerust zijn 's morgens', 'slaapkwaliteit', 'al dan niet geregistreerd hebben tussentijds wakker te zijn geweest', 'aantal maal geregistreerd hebben tussentijds wakker te zijn geweest', 'de aanwezigheid van verkeersgeluiden die het inslapen bemoeilijken', en 'het gebruik van gehoorbescherming'. De associatie tussen 'zelf-geregistreerd ontwaken' en 'herinnerd aantal maal tussentijds ontwaken in het logboekje 's morgens' is het sterkst. Als het aantal zelf-geregistreerde ontwakingen toeneemt van 0 tot 4, neemt het aantal herinnerde tussentijds ontwakingen toe van 0,9 tot 3,1.

We hebben associaties vastgesteld (in de verwachte richting) van de hartslagvariabelen met 'slaperig of uitgerust zijn na ontwaken' en met 'slaapkwaliteit, beoordeeld na het wakker worden in de ochtend'.

<i>Nacht</i>	mot	ontw	hart	logb
mot		++	+	+
ontw	++			+
hart	+			++
logb	+	+	++	

Inslaaperiode

De duur van de inslaaperiode hangt samen met de ‘mate van slaperigheid ’s avonds’, ‘de verwachting niet te kunnen inslapen’, ‘de moeite met inslapen’, ‘het geschatte aantal minuten tot inslapen’, ‘het gebruik van een slaapmiddel’ (de inslaaptijd is langer in deelnemers die vóór het naar bed gaan of in de nacht een slaapmiddel gebruiken), en de ‘slaapkwaliteit’. Naarmate de hartslagfrequentie tijdens de inslaaperiode hoger is, beoordeelt men de slaapkwaliteit als minder goed.

De door de deelnemer geschatte duur van de inslaaperiode hangt sterk samen met de duur van de inslaaperiode die we hebben bepaald uit het actigram en de marker. Op 18,5 minuut zijn geschatte en berekende waarde gelijk. Bij kortere en langere inslaaperiodes blijken er verschillen tussen gemiddelde geschatte duur en gemiddelde berekende duur van deze periodes.

3.3 Correlaties tussen geaggregeerde effectvariabelen en langere termijn variabelen

Er zijn veel correlaties tussen ‘zelf-geregistreerd ontwaken’ en de variabelen uit de vragenlijst die met ‘slaapkwaliteit’ en ‘slaapverstoring door verkeersgeluid’ te maken hebben. Kennelijk heeft het feit dat mensen in de nacht wakker zijn, grote invloed op de beoordeling van hun slaapkwaliteit en hun slaapverstoring door de geluidbron. Zelf-geregistreerd ontwaken heeft aan de andere kant weinig te maken met ‘ervaren gezondheid’, ‘ervaren vitaliteit’, en ‘mate van depressiviteit’. Deze drie variabelen hebben wel een correlatie met motiliteit en begin van motiliteit. Motiliteit en begin van motiliteit zijn ook gecorreleerd met ‘slapeloosheid’, en motiliteit tevens met ‘geluidsgevoeligheid’ en ‘aantal algemene slaapklachten’.

Hartslagfrequentie en IBI zijn sterk gecorreleerd met ‘ervaren gezondheid’, ‘ervaren vitaliteit’, ‘algemene slaapklachten’, ‘klachten over slapeloosheid’, en ‘hoogst afgeronde opleiding’. De samenhang van ‘ervaren gezondheid’ met de hartslagvariabelen is veel sterker is dan die met motiliteit. Zo neemt bij verandering van IBI over het beschouwde bereik, de score van ‘ervaren gezondheid’ met bijna 7 punten (op een 21-puntsschaal) toe, en bij verandering van motiliteit over het beschouwde bereik met 2 punten.

<i>Agg, lt</i>	mot	ontw	hart	vrglst
mot		++	+	+
ontw	++			+
hart	+			++
vrglst	+	+	++	

4. Vergelijking nachtelijk weg- en railverkeersgeluid

Bij blootstelling aan railverkeersgeluid zijn de over een slaaperiode en over alle slaaperiodes gemiddelde motiliteit en begin van motiliteit door het lage achtergrondniveau bij dezelfde geluidsbelasting binnen door het verkeer belangrijk minder dan bij wegverkeersgeluid.

Ook door het lage achtergrondniveau is op momentaan niveau het effect van railverkeerspassages van gemiddelde duur bij dezelfde geluidsbelasting binnen iets geringer dan van wegverkeerspassages van gemiddelde duur. In de railverkeerspassages met een lange duur (2,5% van de railverkeerspassages, dat komt neer op één passage in twee nachtdelen van vier uur) is de momentane motiliteit door railverkeerspassages groter dan die voor weg- en railverkeerspassages van gemiddelde duur.

Voor de overige effectvariabelen is of geen relatie met de geluidsbelasting vastgesteld of er is geen of een verwaarloosbaar effect van het type bron.

Op basis hiervan concluderen we dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat railverkeersgeluid meer effect op de onderzochte variabelen teweegbrengt dan wegverkeersgeluid, en dat we in tegendeel verwachten dat de effecten door railverkeersgeluid geringer zijn. We willen over de laatste uitspraak echter voorzichtigheid betrachten, omdat het in het huidige onderzoek gevonden grote belang van een laag achtergrondniveau (nog) niet is bevestigd door expositie-effectrelaties die in ander onderzoek zijn bepaald.

5. Prevalentie-schattingen

Ten behoeve van het schatten van prevalenties heeft RIVM gegevens beschikbaar gesteld over de geluidsbelasting van de gevel van de woningen van de deelnemers, die zijn berekend met het computerprogramma EMPARA. Het betreft het jaargemiddeld equivalente geluidniveau ten gevolge weg- of railverkeersgeluid, berekend over 23 – 7 uur (*Lnightbron*), voor het jaar 2003. Van de 17 onderzochte mogelijke verbanden tussen dichotome effectvariabelen en *Lnightbron*, bleken er drie statistisch significant te zijn. Het betreft de effectvariabelen ‘erge geluidhinder door brongeluid in de slaapkamer’, ‘erge slaapverstoring door de geluidbron’, en ‘tenminste een bepaald aantal slaapproblemen door de geluidbron per week’.

6. Conclusie

Het onderzoek heeft aangetoond dat nachtelijk verkeersgeluid nadelige gevolgen heeft op de slaap. De resultaten vertonen een samenhangend beeld. Naarmate de blootstelling aan weg- en railverkeersgeluid tijdens de slaap toeneemt, nemen de nadelige gevolgen op motiliteit, hartslag, en op aspecten van de ervaren slaapkwaliteit toe.

De gegevens hebben we op drie tijdschalen onderzocht, namelijk een verkeerspassage (geluidsgebeurtenis), een slaaperperiode, en over alle zes slaaperperiodes. Op basis van meer dan 48000 effectbeoordelings-intervallen hebben we aangetoond dat er een acute verhoging is van motiliteit en begin van motiliteit tijdens de verkeerspassages. Globaal neemt de kans op motiliteit door de luidste onderzochte verkeerspassage midden in de nacht op 0,5 en 4,5 uur na inslapen toe met respectievelijk 10 en 50% van de totaal gemiddelde kans op motiliteit. Dit is opmerkelijk, omdat de deelnemers chronisch blootstaan aan veel passages.

De gevonden effecten van weg- en railverkeerspassages op de hartslagfrequentie (aantal slagen per minuut) zijn beperkt. We hebben geen relaties kunnen vaststellen van de hartslag met het geluid van het verkeer, maar alleen met alle geluiden die in de slaapkamer optreden. Daarbij is er vrijwel geen acute reactie op de hartslag van mannen, bij de luidste bestudeerde geluiden in de slaapkamer neemt bij vrouwen de hartslag tijdens een geluidsgebeurtenis ongeveer 4,5 uur na inslapen gemiddeld met 2,5 slag per minuut toe.

Er konden geen relaties tussen zelf-geregistreerd ontwaken en de momentane geluidsbelastingen aangetoond worden.

Op basis van 1572 deelnemersnachten (waarbij in 172 nachten hartslagmetingen zijn uitgevoerd) hebben we, gemiddeld over een slaaperperiode, effecten vastgesteld van de

geluidsbelasting binnen door het verkeer op motiliteit, hartslag en aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken.

De onderzoeksresultaten wijzen er op dat vrouwen wat toename van motiliteit gedurende een slaaperiode betreft niet gevoelig zijn voor geluid van het verkeer in een slaaperiode maar wel (bijna) even gevoelig als mannen voor geluiden binnen die niet van het verkeer afkomstig zijn. Zelf-geregistreerd ontwaken neemt toe met de geluidsbelasting binnen door het verkeer, waarbij bij gelijke geluidsbelasting vrouwen vaker aangeven wakker te zijn geworden dan mannen.

Het huidige onderzoek suggereert dat een hoog achtergrondgeluid op de wegverkeerslocaties, vooral snelwegen, sterk bijdraagt aan de motiliteit tijdens de slaap. Secundaire analyses van twee grote gegevensbestanden (van Nederlands veldonderzoek naar effecten van nachtelijk vliegtuiggeluid en van Duits onderzoek naar nachtelijk weg- en railverkeersgeluid) konden deze suggestie niet bevestigen. De reden daarvoor is wellicht het ontbreken in die onderzoeken van locaties met hoge achtergrondniveaus.

De over zes nachten geaggregeerde gegevens vertonen wat motiliteit betreft hetzelfde beeld als op basis van de afzonderlijke nachten geschetst is, geen effect op zelf-geregistreerd ontwaken, en een afname van de hartslag variabiliteit bij toename van de geluidsbelasting aan alle geluiden in de slaapkamer.

Uit de vergelijking van de resultaten voor wegverkeersgeluid en die voor railverkeersgeluid concluderen we dat het onwaarschijnlijk is dat railverkeer met een bepaalde geluidsbelasting meer negatief effect op de slaap teweegbrengt dan wegverkeer met dezelfde geluidsbelasting en dat mogelijk de effecten van railverkeersgeluid geringer zijn.

Omdat aan het onderzoek geen kinderen, personen met nachtdiensten, en ernstig zieke mensen deelnamen, zijn de resultaten van het onderzoek wellicht niet toepasbaar op deze mensen. Verder verwachten we dat de resultaten representatief zijn voor de algemene bevolking, omdat er bijna geen uitsluitingscriteria voor potentiële deelnemers gehanteerd zijn, er geen aanwijzingen voor vertekening van de resultaten door selectieve respons van de deelnemers naar voren is gekomen, en de gegevens zijn verzameld zonder de belasting door verkeersgeluid daarin te betrekken. Het is niet uit te sluiten dat nachtelijk verkeersgeluid op populaties met leefomstandigheden die sterk afwijken van die in Nederland een wat ander effect zou hebben dan in het onderzoek is gevonden.

Hoe nu verder

Het is zeer gewenst, zowel vanuit wetenschappelijk als beleidsmatig oogpunt, dat er een onderzoek van voldoende omvang wordt gedaan om al dan niet het grote belang van de afwezigheid van een laag achtergrondniveau van verkeersgeluid (zoals langs snelwegen) op de motiliteit te bevestigen. In dat onderzoek zouden niet alleen A-gewogen geluidniveaus moeten worden gemeten, want het is ook van belang informatie te verkrijgen over de laagfrequente componenten van het achtergrondgeluid.

Om de effecten van nachtelijk verkeersgeluid op cardiovasculaire functies nader vast te stellen, zou een veldonderzoek van voldoende omvang ondernomen kunnen worden.

Het huidige onderzoek heeft slechts een zwakke samenhang tussen ervaren gezondheid en nachtelijk verkeersgeluid aangetoond, een samenhang die wellicht beïnvloed is door verkeersgeluid over de dag en avond. Een onderzoek, met wellicht een andere vorm

dan het huidige, dat speciaal gericht is op het vaststellen van relaties van nachtelijk verkeersgeluid met gezondheidsindicatoren en ervaren gezondheid verdient aanbeveling.

1 Inleiding

1.1 Kader en doelstelling van het project

In de periode 1998-2002 is in het kader van het onderzoeksprogramma Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) de relatie tussen vliegtuiggeluid en slaapverstoring door TNO onderzocht in samenwerking met het RIVM. Dit onderzoek wordt in dit rapport GES-onderzoek genoemd. De Directie Lokale Milieukwaliteit en Verkeer van het Ministerie van VROM heeft in november 2002 aangegeven het wenselijk te achten dat een onderzoek naar slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid gedaan wordt, met dezelfde werkwijze als in het GES-onderzoek het geval was. VROM heeft hiertoe financiële mogelijkheden geschapen.

De doelstelling van het project 'Slaap en verkeersgeluid' is informatie te verkrijgen over:

1. de relaties tussen *nachtelijk wegverkeersgeluid* en indicatoren voor slaapverstoring, het vaststellen welke factoren op deze indicatoren en relaties van invloed zijn en het bepalen van deze invloed;
2. de mate waarin indicatoren voor slaapverstoring worden beïnvloed door *intensief nachtelijk railverkeersgeluid* in vergelijking met de beïnvloeding door wegverkeersgeluid;
3. gegevens die gebruikt kunnen worden om prevalenties van aspecten van slaapverstoring in Nederland te schatten. Het eventueel uitvoeren van prevalentieschattingen vormt geen onderdeel van het huidige onderzoek.

De geluidsmetingen zijn in opdracht van TNO verricht door Peutz b.v. De door de deelnemers aan het onderzoek op papier ingevulde gegevens zijn door data-entry bedrijf DIDOC in SPSS-gegevensbestanden ingevoerd.

Van de Medisch-Ethische Toetsingscommissie van het UMC Utrecht is toestemming verkregen tot uitvoering van het onderzoek (METC-protocolnummer 04/212-E). Als onafhankelijk arts was prof. Dr. J. J. Heimans van het VU Medisch Centrum bij het project betrokken. Mw. drs. M. Drijver (arts/milieukundige GGD Rotterdam e.o.) trad op als deelnemend arts.

De adviesgroep, die het project inhoudelijk heeft begeleid, bestond uit:

Dr H.M.E. Miedema; TNO, voorzitter adviesgroep

Ir. M. van den Berg; Ministerie van VROM

Mw. M. Drijver; arts/milieukundige GGD Rotterdam e. o.

Mw. Dr. W.F. Hofman; Universiteit van Amsterdam

Ir. D. Houthuijs; RIVM

Mw. Dr. S. Janssen; TNO

Ir. F.D. van der Ploeg, Peutz b.v.

Mw. Dr. C. van Oel; destijds werkzaam bij TNO

Dr. A.P. Verhoeff; GG&GD Amsterdam

Mw. Drs. W. Passchier-Vermeer; projectcoördinator TNO.

De adviesgroep is vijf maal bijeen geweest en tevens heeft er tussentijds overleg tussen medewerkers van TNO en individuele leden van de adviesgroep plaatsgevonden.

1.2 Dankwoord

Zowel binnen als buiten TNO hebben diverse personen, diensten en instellingen een bijdrage aan het project geleverd. Het betreft allereerst de direct betrokken medewerkers en medewerksters van TNO en Peutz b.v. Zonder hun inzet zou dit onderzoek niet zo voorspoedig zijn verlopen. Het RIVM heeft het projectvoorstel, de uitgewerkte aanpak van het project, het analyseplan, en de conceptrapportering beoordeeld en zorg gedragen voor informatie over potentiële railverkeerslocaties en voor de aanlevering van geluidsgegevens op jaarbasis.

Wij danken met name de volgende personen en instellingen:

- De externe leden van de adviesgroep;
- Dr. R. van Poll, projectleider vanuit het RIVM;
- Prof. Dr. J. J. Heimans van VU Medisch Centrum;
- Ir. R. Maat van DCMR Milieudienst Rijnmond.

1.3 Inhoud van het rapport

In hoofdstuk 2 hebben we de inhoudelijke achtergrond, de opzet en uitvoering van het onderzoek gegeven. Hoofdstuk 3 bevat de aanpak van de analyses om expositie-effectrelaties en factoren die op die relaties van invloed zijn vast te stellen. In hoofdstuk 4 geven we algemene resultaten zoals over slaaptijden en het verloop van de effectvariabelen hartslag en motiliteit gedurende de slaaptijd. De hoofdstukken 5, 6, en 7 bevatten de uitkomsten van de analyses voor de expositie-effectrelaties. In deze hoofdstukken geven we aan het eind aanvullende analyses en een discussie van de resultaten. Voor een samenvatting verwijzen we u naar het desbetreffende gedeelte van de algemene samenvatting, die hiervoor gepresenteerd is. In hoofdstuk 8 vergelijken we de kenmerken van deelnemers aan het onderzoek met die van een steekproef van personen die voor het onderzoek waren uitgenodigd, maar niet hebben deelgenomen. Hoofdstuk 9 bevat de discussie over de resultaten van het onderzoek en de conclusie. In de bijlagen A tot en met F hebben we de analyses uitvoeriger behandeld dan in de hoofdtekst. Bijlage G bevat de gebruikte geluidsbelastingsvariabelen met een korte omschrijving. De literatuurlijst is achter in het rapport opgenomen.

De vragenlijst die in het onderzoek gebruikt is, is te raadplegen op het internetadres van dit rapport: www.tno.nl/slaapverstoring.

2 Beschrijving van het onderzoek

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een kort overzicht over de inhoudelijke achtergrond van het onderzoek (paragraaf 2.1). In 2.2 geven we weer hoe we diverse aspecten van het onderzoek, zoals beschreven in het projectvoorstel, dachten aan te pakken en in 2.3 volgt de realisatie in het onderzoek van deze aspecten.

2.2 Inhoudelijke aspecten

In haar achtergrondstudie¹ voor het door de Gezondheidsraad uitgebrachte advies *Vliegtuiggeluid en slaap*² omschreef Hofman slaap als een periodiek optredende toestand van schijnbare inactiviteit, waarbij het organisme een veranderde reactiviteit vertoont op prikkels uit de omgeving, niet voor alle prikkels even sterk en met grote individuele verschillen. De slaap moet niet gezien worden als louter de afwezigheid van de waaktoestand, maar als een cyclisch verlopend, actief neurofysiologisch proces². Door te slapen herstellen mensen lichamelijk en geestelijk van hun inspanningen. Ook verwerken ze zo de informatie die ze gedurende de dag opdeden.

De mens heeft een interne biologische klok met een periode van ongeveer 24 uur; zo'n periode bestaat voor een deel uit waken en voor een deel uit slapen. Ook de slaap is een cyclisch verschijnsel: bij volwassenen zijn er globaal ongeveer vijf perioden van ongeveer 90 minuten, waarin afwisselend de zogenoemde REM-slaap (ook wel droomslaap genoemd; REM staat voor *rapid eye movement*) en de non-REM-slaap optreden. De non-REM-slaap kent vier stadia die men op grond van hun patroon in het elektro-encefalogram (EEG) kan onderscheiden. De stadia 1 en 2 duidt men algemeen aan als lichte slaap en de stadia 3 en 4 als diepe of SWS-slaap (SWS staat voor *slow wave sleep*, naar de 'langzame' zogeheten deltagolven die bij diepe slaap in het EEG voorkomen). Als iemand wakker is, wordt zijn of haar EEG gekenmerkt door zogenoemde alfa- en bètagolven. Over het algemeen wordt aangenomen dat de diepe en de REM-slaap het belangrijkste deel van de slaap vormen, en dat stadium 1 en 2 overgangsstadia zijn.

Onderzoek heeft aangetoond dat tijdens de slaap acute fysiologische veranderingen kunnen optreden ten gevolge van geluid die overeenkomen met de reactie van het lichaam op een stress-situatie, zoals veranderingen in de hartslag en doorbloeding³⁻⁶ en veranderingen in de uitscheiding van (nor)adrenaline en cortisol⁷⁻⁹. De gerapporteerde acute hartslagversnelling (veelal gevolgd door een hartslagvertraging) is een respons op een geluid die tot stand komt via de hersenstam en de lagere delen van het autonome zenuwstelsel.

Slaap gaat over het algemeen gepaard met een daling in sympatische activiteit (autonome activiteit bedoeld om het lichaam in paraatheid te brengen voor stress-situaties), en een stijging in parasympatische activiteit (bedoeld om het lichaam te herstellen van de veranderingen die zijn opgetreden door activiteiten tijdens het waken en om energie te conserveren)¹⁰. Een tijdelijke of aanhoudende verhoging in sympatische activiteit en/of daling van parasympatische activiteit ten gevolge van geluid tijdens de slaap zou van invloed kunnen zijn op de kwaliteit van de slaap en op de mate van herstel tijdens de slaap, wat op de lange duur negatieve gevolgen zou kunnen hebben voor de gezondheid. Verminderde hartslagvariabiliteit, een maat voor

de balans tussen parasympatische activiteit en sympatische activiteit, lijkt een voorspeller te zijn voor een verhoogd risico op cardiovasculaire aandoeningen¹¹. Hoewel de resultaten niet eenduidig zijn, zijn er aanwijzingen dat chronische blootstelling aan geluid, in het bijzonder nachtelijk geluid, samenhangt met een verhoogde kans op cardiovasculaire aandoeningen¹². Hierbij zou verhoogde sympatische of verlaagde parasympatische activiteit tijdens de slaap een rol spelen.

Om effecten van nachtelijk geluid op het autonome zenuwstelsel te onderzoeken, is ervoor gekozen om in het huidige onderzoek bij een deel van de deelnemers de hartslag als fysiologische maat mee te nemen.

Door de deelnemers is gedurende het gehele onderzoek een actimeter gedragen die motiliteit in 15-s intervallen registreert. Tevens kan de deelnemer zelf aangeven dat hij/zij tijdens de slaaptijd wakker is door op een knopje op de actimeter (marker) te drukken. Onder meer uit slaapverstoringsonderzoeken in Engeland, Verenigde Staten van Amerika, en meer recent het GES-onderzoek in Nederland is gebleken dat de kans op momentane motiliteit verhoogd is tijdens de passage van een vliegtuig gedurende de slaap¹³⁻²¹. Tevens bleek bij mensen die 's nachts aan veel vliegtuiggeluid blootstaan de motorische onrust (gemiddelde motiliteit) tijdens de slaap hoger te zijn dan bij mensen die niet gedurende de slaap aan vliegtuiggeluid zijn blootgesteld²⁰. Ook bleek dat motorische onrust tijdens de slaap samenhangt met veel andere onderzochte indicatoren van slaapverstoring, zoals de ervaren slaapkwaliteit^{16,20}, het aantal maal dat men zich herinnert wakker (door vliegtuiggeluid) te zijn geweest gedurende de slaaptijd, het aantal maal per nacht zelf-geregistreerd ontwaken, slaperigheid overdag, het aantal zelf-gerapporteerde gezondheidsklachten, moeilijk inslapen, en niet meer in slaap kunnen komen²⁰. Verhoogde motiliteit gedurende de slaap is een reactie van het autonome zenuwstelsel op geluiden gedurende de slaap. In ongeveer 40% van de intervallen waarin motiliteit optreedt, is er tevens sprake van corticale activiteit, zoals blijkt uit polysomnografische (EEG, EMG, EOG) metingen tijdens de slaap^{16,17}.

Er heeft één omvangrijk Duits onderzoek plaatsgevonden naar het effect van weg- en railverkeersgeluid op motiliteit^{22,23}. Gezien de doelstelling van dat onderzoek betroffen de analyses alleen de effecten geaggregeerd over alle onderzoeksnachten en alle deelnemers. Met behulp van de, door de Duitse onderzoekers ter beschikking gestelde, originele gegevens hebben we een secundaire analyse uitgevoerd²⁴, waarvan de resultaten zijn gebruikt bij de voorbereiding van het huidige project.

Resultaten uit het huidige onderzoek worden in dit rapport vergeleken met de ten behoeve van dit rapport door ons bewerkte Duitse gegevens.

De gekozen opzet van zowel meten van hartslag als motiliteit biedt de mogelijkheid om de samenhang tussen veranderingen in hartslag en in motiliteit door geluid tijdens de slaap te onderzoeken.

2.3 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek is een epidemiologisch onderzoek bij volwassen deelnemers in hun thuissituatie, die in meer of mindere mate zijn blootgesteld aan nachtelijk weg- of railverkeersgeluid. Om effecten van blootstelling aan geluid tijdens de slaapperiode vast te stellen worden diverse mogelijke indicatoren voor slaapverstoring gemeten (zie beschrijving effectmaten).

2.3.1 *Selectie van locaties*

Er worden in totaal 9 locaties geselecteerd, die in verband met de logistieke en financiële mogelijkheden alle binnen een afstand van ongeveer 40 kilometer van Delft liggen. Het betreft 7 locaties geselecteerd in de nabijheid van drukke tot zeer drukke

wegen, waar belangrijke andere omgevingsgeluidbronnen zoals railverkeer, vliegverkeer, industrieterreinen of rangeerterreinen, afwezig zijn. Een deel van de locaties wordt gekozen in de nabijheid van wegen in stedelijk gebied, waar het verkeersgeluid niet ver van de weg discontinu is, en een deel van de locaties in de nabijheid van snelwegen, waar het verkeersgeluid (vooral op grotere afstand) als meer continu ervaren wordt. Op elke locatie wordt gedurende twee intervallen van zes dagen, beginnend vanaf woensdagavond, gemeten. Binnen elke locatie worden adressen geselecteerd direct aan de (zeer) drukke weg en adressen die verder van de weg afliggen. Op deze wijze wordt variatie in geluidsbelasting per locatie aangebracht. Aangezien het aantal woningen met een hoge gevelbelasting door het wegverkeer relatief klein is (in Leiden hebben ongeveer 6 % van de woningen een gevelbelasting met L_{den} hoger dan 65 dB(A)²⁵) zullen de locaties en adressen zo gekozen worden dat de hoogstbelaste adressen op een locatie relatief zijn oververtegenwoordigd. Bij de selectie van locaties zal tevens een spreiding worden aangebracht in woningtype (flats, eengezinswoningen, vrijstaande huizen).

In de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken naar slaapverstoring door geluid bleek het niet mogelijk om een causaal verband te leggen tussen ervaren gezondheid en nachtelijke geluidsbelasting, vooral omdat er een hoge correlatie bleek tussen de geluidsbelasting overdag en de geluidsbelasting 's nachts. Deze samenhang wordt verminderd door onderscheid te maken tussen deelnemers met de slaapkamer aan de meest belaste zijde en die met de slaapkamer aan de luwe zijde van de woning. Aan de ligging van de ouderslaapkamer wordt bij de selectie van locaties speciale aandacht besteed.

Er bestaan in Nederland geen bestanden waarmee locaties op basis van de nachtelijke geluidsbelasting nauwkeurig geselecteerd kunnen worden. De in Nederland bij veel (grotere) gemeenten beschikbare verkeersmilieukaarten geven slechts een grove schatting van de nachtelijke geluidsbelasting op basis van het *etmaal*volume van de verkeersstromen. De etmaalbelasting wordt veelal ook slechts geschat op basis van wegtype en de geluidsbelasting tijdens de ochtend- en avondspits. Het zou te arbeidsintensief zijn om ten behoeve van de selectie van locaties de geluidsbelasting te berekenen voor verschillende gebieden. Daarom worden op basis van verkeersmilieukaarten, gegevens verzameld met URBIS (TNO)²⁵⁻³³, en zo mogelijk op basis van gegevens uit EMPARA van RIVM, drukke wegen geselecteerd, waarvan door lokale inspectie van de omgeving en de aan- en afvoerbepalingen van het (vracht)verkeer wordt nagegaan of er ook 's nachts veel verkeer is, en of er veel woningen in de directe nabijheid staan. Variabelen die naast verkeersvolume en afstand tot de weg invloed hebben op de geluidsbelasting zijn wegdektype (asfalt versus klinkers), type verkeer (vrachtverkeer versus personenverkeer) en type woning (goede versus slechte isolatie). Daarom wordt bij de selectie van locaties ook gestreefd naar variatie in deze variabelen, hoewel het wegdektype van de (drukke) wegen waarschijnlijk uitsluitend asfalt of ZOAB asfalt zal zijn.

Verder worden twee locaties geselecteerd waar de nachtelijke geluidsbelasting ten gevolge van railverkeer op alle geselecteerde adressen hoog is (spoorlijnen waar veel vrachttreinen langskomen), en waar indien mogelijk geen andere belangrijke geluidbronnen aanwezig zijn. Daartoe worden gegevens gebruikt over knelpunten in het railverkeersbeleid opgesteld door RIVM en Prorail³⁴, en spoorgegevens uit het landelijke gegevensbestand ASWIN³⁵.

2.3.2 *Werving en selectie van de deelnemers*

In totaal zullen ongeveer 270 mensen deelnemen aan het onderzoek, verdeeld over 9 locaties, waarbij er per locatie gezien de beschikbare apparatuur tot 32 deelnemers (16 deelnemers per onderzoeksinterval) geselecteerd worden. Om de deelname te bevorderen wordt voorafgaand aan de start van het onderzoek via een persbericht de lokale pers en hopelijk vervolgens de plaatselijke bevolking ingelicht over het project. Kort daarop wordt naar ongeveer 300 adressen op een gekozen locatie een folder gestuurd met informatie over het belang van het onderzoek, hoe het onderzoek thuis bij de deelnemers wordt ingericht, en hoe men van interesse in het onderzoek blijf kan geven. Er mag ook meer dan één persoon uit een huishouden in het onderzoek participeren, met als voordeel dat samen (partners, ouder en kind) participeren in een onderzoek een belangrijke stimulans tot deelname is. Bij een responspercentage dat iets lager ligt dan 10% van de adressen (zoals behaald in het GES-onderzoek) wordt verwacht dat per locatie ongeveer 40 deelnemers positief reageren. De bewoners die reageren op de informatie zullen bij de selectieprocedure (zie hierna) betrokken worden. Deelnemers aan het onderzoek ontvangen een cadeaubon ter waarde van 50 Euro. Bij een subgroep van 40 personen zullen, tegen een extra vergoeding van 50 Euro, ook hartslagmetingen gedaan worden. Verwacht wordt dat de bereidheid tot deelname aan die metingen minder is, en dat de respons ongeveer 4% zal zijn (10 deelnemers per locatie).

Ten behoeve van de generaliseerbaarheid van het onderzoek is het gewenst zo weinig mogelijk algemene selectiecriteria bij de werving van deelnemers toe te passen. De enige uitsluitingscriteria die we van plan zijn om te hanteren betreffen: het sinds korter dan zes weken zijn gaan gebruiken van bepaalde 'zware' slaapmiddelen, het elke nacht dragen van gehoorbeschermingsmiddelen, het werken in nachtdienst, en het zorg dragen voor de nachtelijke verpleging van een huisgenoot. Deze criteria worden in de hiervoor genoemde folder genoemd.

Als extra uitsluitingscriteria voor deelname aan de hartslagmetingen zullen we hanteren een leeftijd van 62 jaar en ouder, zwangerschap, in behandeling (geweest) voor cardiovasculaire aandoeningen, gebruik van medicijnen voor hart, bloedvaten of bloeddruk, gebruik van slaap- of kalmeringsmiddelen zoals bètablokkers en benzodiazepinen.

Omdat ouderen een mogelijk kwetsbare groep vormen, waarbij slaapstoornissen vaker voorkomen, wordt gestreefd naar een ruime vertegenwoordiging van 55+ers.

2.3.3 *Geluidsmeting en identificatie van verkeersgeluid in slaapkamers*

Voor het meten van de nachtelijke geluidsbelasting zijn één buitenmeter (Larson & Davis, model 870) en 11 of 12 binnenmeters (Larson & Davis, model 820) beschikbaar. De buitenmeter wordt op particulier terrein (tuin of balkon van een deelnemer) bij de drukke weg of de spoorbaan van een locatie opgesteld. Deze plaats kan niet op elke locatie ten opzichte van de bron hetzelfde gekozen worden, want de keus kan niet alleen op akoestische gronden gemaakt worden, want de noodzaak tot stroomvoorziening en de kans op vandalisme spelen ook een rol in de keus van de plaats van de buitenmeter. Eén binnenmeter wordt buiten aan de gevel of voor een open raam geplaatst. Deze buiten geplaatste binnenmeter dient als reserve bij het eventueel uitvallen van de buitenmeter en wordt zo mogelijk gebruikt om door vergelijking van de akoestische signalen op de buiten geplaatste binnenmeter en op de buitenmeter de richting van voertuigen vast te stellen. De overige binnenmeters worden in de slaapkamer van elk van de deelnemers gestationeerd. Alle geluidsmeters

registreren in principe gedurende elke meetnacht elke seconde tussen 10 uur 's avonds en 9 uur 's ochtends het geluidniveau over die seconde.

De identificatie van de bron van het geluid wordt verricht op basis van de gemeten geluidniveaus over een seconde. Daarbij staat ons de volgende procedure voor ogen.

De identificatie van de bron van een geluid geschiedt op basis van:

- De vorm van de akoestische signalen, rekening houdend met geïsoleerde en overlappende geluidsgebeurtenissen
- Vergelijking van het signaal op een binnenmeter met het gelijktijdig optredende signaal op de buitenmeter, rekening houdend met de nader vast te stellen 'gemiddelde geluidsisolatie van de slaapkamer', met inachtneming van variatie die in de verschillen tussen beide signalen optreedt
- Gelijktijdigheid van de geluidsgebeurtenissen op de buitenmeter en de diverse binnenmeters van de hoogstbelaste woningen. Als zowel buiten als op een aantal binnenmeters ongeveer dezelfde verhoging van het geluidniveau voorkomt, wordt aangenomen dat het binnen om een weg- of railverkeersgeluid gaat.

2.3.4 *Effectmetingen*

In het onderzoek zullen we het volgende aan de deelnemers meten:

- Motiliteit (motorische onrust) met behulp van bewegingsmeters (actimeters, Cambridge Neurotechnology Ltd, UK, type AW4), die de deelnemers om de pols dragen. De deelnemers dragen de bewegingsmeters over het algemeen gedurende de gehele onderzoeksperiode, met uitzondering van baden, douchen, zwemmen en het beoefenen van sommige andere sporten;
- De actimeters zijn voorzien van een drukknopje (marker). We vragen de deelnemers om bij het slapen gaan en aan het eind van de slaaperiode het drukknopje twee maal in te drukken en als ze tijdens de slaaperiode wakker worden eenmaal. Het tijdstip waarop op het drukknopje wordt gedrukt, wordt in het geheugen van de actimeter opgeslagen. Op die manier wordt door de deelnemers zelf geregistreerd dat ze tijdens de slaaperiode wakker zijn;
- De hartslag. Om bij een deel van de deelnemers de hartslag te meten wordt een meetsysteem (Ambulatory Monitoring System, Vrije Universiteit) gebruikt, bestaande uit een kastje met daaraan 6 elektroden die de deelnemers voor het slapen gaan op aangegeven plaatsen van het bovenlichaam aanbrengen.

De deelnemers zullen ook het volgende doen om gegevens te verstrekken:

- Het invullen van een uitvoerige vragenlijst aan het begin van het onderzoek. In de opzet van de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken naar slaapverstoring door geluid was geen specifieke aandacht voor personen met (klinisch gedefinieerde) slaapstoornissen, zoals slapeloosheid (insomnia) en apneu. Wellicht zijn personen die lijden aan slapeloosheid extra gevoelig zijn voor effecten van nachtelijk geluid. Daarom zijn in de vragenlijst vragen over slapeloosheid van de deelnemers in heden en verleden opgenomen, die bij de analyses zullen worden betrokken;
- Het invullen in de loop van de avond van een avondlogboekje met gegevens over de afgelopen dag en de betreffende avond;
- Het invullen van een ochtendlogboekje na het opstaan met gegevens over de voorgaande nacht;
- Het vijf maal invullen van een slaperigheidsstrip gedurende de dag en avond, te beginnen om ongeveer 10 uur 's ochtends en eindigend om ongeveer 8 uur 's avonds;
- Het invullen van een evaluatieformulier aan het eind van deelname.

De deelnemers die aan de hartslagmetingen meedoen zullen elke dag een paar additionele vragen invullen naar het gebruik van alcohol, cafeïnehoudende producten, roken, en last van hartslagmeter en plakkers. Tevens vragen we ze aan het eind van het onderzoek een evaluatie te geven van hun deelname aan de hartslagmetingen en vragen we ze in de periode na het veldonderzoek naar hun lengte en gewicht, omdat deze variabelen niet in de vragenlijst zijn opgenomen.

2.3.5 *Vragenlijst aan niet-deelnemers*

Om na te gaan of de uitkomsten van het onderzoek vertekend zijn door selectieve respons van de deelnemers, wordt aan een deel van de oorspronkelijk benaderde adressen een verzoek tot invullen van een vragenlijst gezonden. Om de geluidsbelasting van deelnemers en van personen die een niet-deelnemersvragenlijst invullen zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming te brengen, worden de adressen van buurwoningen van deelnemers geselecteerd: twee adressen per alleen participerende deelnemer, en vier adressen per koppel. Na het terugzenden van een (vrijwel) volledig ingevulde vragenlijst ontvangen de invullers een waardebon van 7,5 EURO.

2.4 **Uitvoering van het onderzoek**

2.4.1 *Locaties en deelnemers*

Op basis van de reeds genoemde informatiebronnen en op basis van het ons te beschikking gestelde gegevensbestand van DCMR Milieudienst Rijnmond, Bureau Geluid, over de nachtelijke geluidsbelasting in de Rijnmond, hebben we een eerste selectie van mogelijke woonwijken gemaakt. Vervolgens hebben we in de loop van het project bijna 40 woonwijken langs drukke lokale, provinciale en snelwegen en 20 woonwijken langs spoorlijnen bezocht om na te gaan of ze als meetlocatie geschikt zouden zijn. De zoekacties met betrekking tot woonwijken met wegverkeer hebben we kunnen beperken tot binnen een straal van 40 km rond Delft. De zoekacties naar mogelijke railverkeerslocaties hebben we tot een wijdere omgeving uitgebreid (Amsterdam, Tilburg, Utrecht), omdat binnen een straal van 40 km niet voldoende geschikte woonwijken gevonden werden.

Om velerlei redenen waren potentiële locaties niet bruikbaar: er waren te weinig hoogbelaste woningen in een niet te omvangrijk gebied, de naar de bron toegekeerde slaapkamers waren tijdens een geluidsisolatieprogramma geïsoleerd (suskasten), de grootste slaapkamer was van de geluidbron afgekeerd, er was een combinatie van veel wegverkeer en veel railverkeer, het wegverkeer werd omgeleid in verband met renovatie van wegen in de buurt, er waren meer wegen die de woningen sterk belasten, er was in de woonwijk (lichte) industriële bedrijvigheid, de geluidsbelasting door vliegtuigen was te hoog, de bewoners van een woonwijkje waren vrijwel uitsluitend studenten. Uiteindelijk vond het onderzoek naar wegverkeer plaats op acht locaties, geselecteerd in de nabijheid van drukke tot zeer drukke wegen (op zeven van de acht locaties werd gedurende twee intervallen gemeten, op één locatie gedurende één interval, omdat de woonwijk te weinig woningen bevatte (locatie 47, Rotterdam West)); volgens de informatie zonder belangrijke andere omgevingsgeluidbronnen zoals railverkeer, vliegverkeer, industrieterreinen of rangeerterreinen. Tijdens het onderzoek bleek dat we twee locaties hadden geselecteerd met ook vliegtuiggeluid gedurende de slaaptijd (locaties 41 en 43, Bergschenhoek en Vlaardingen Oost) en één locatie met ook het geluid van railverkeer en bovengronds metroverkeer (locatie 47, Rotterdam West).

Verder vond onderzoek plaats op vier locaties (railverkeerslocaties) gedurende één interval (op de locaties waren te weinig huizen voor twee meetintervallen) waar de nachtelijke geluidsbelasting ten gevolge van railverkeer hoog was (spoorlijnen waar veel vrachttreinen langskomen), en waar volgens informatie geen andere belangrijke geluidbronnen aanwezig waren. Hier bleek dat op één van de locaties (locatie 53, Amsterdam) ook vrij veel nachtelijk wegverkeersgeluid aanwezig was. Op een vijfde railverkeerslocatie hebben we van onderzoek moeten afzien, omdat er niet voldoende aanmeldingen van potentiële deelnemers waren.

Op de uiteindelijk gekozen locaties was het aantal adressen dat benaderd werd niet de geplande 300, maar ongeveer 250 als het ging om twee meetintervallen en ongeveer 125 als het ging om één meetinterval, omdat de locaties minder woningen bevatten dan we in de planning hadden verondersteld. Het totaal aantal deelnemers bedroeg 262 (gepland 270, 97%), waarvan 210 op de acht wegverkeerslocaties (gepland 210, 100%) en 52 op de vier railverkeerslocaties (gepland 60, 87%). De aantallen deelnemers per locatie en het locatienummer zijn gegeven in tabel 2.1.

Van de 262 deelnemers deden er 36 (gepland 40, 90%) mee aan het onderzoek naar de hartslag tijdens de slaap. Het betreft 22 personen op de wegverkeerslocaties 45, 46 en 47 (gepland 20, 110%), en 14 personen op de vier railverkeerslocaties (gepland 20, 70%) (zie eveneens tabel 2.1). Om een aantal redenen (geïrriteerde huid, losgelaten elektrode(s)) zijn niet van alle deelnemers over zes nachten gegevens over de hartslag verzameld. In totaal hebben we over 174 nachten bruikbare gegevens. Dit betreft 108 nachten (gepland 120, 90%) van deelnemers op wegverkeerslocaties en 66 nachten (gepland 120, 55%) van deelnemers op railverkeerslocaties.

Tabel 2.1 Aantal deelnemers aan het hoofdonderzoek en aantal deelnemers aan het onderzoek naar de hartslag per locatie, tevens opgesplitst naar geslacht.

locatienummer	locatie	aantal deelnemers (man vrouw)	
		hoofdonderzoek	hartslagonderzoek
40	Bleiswijk	31 (11 20)	
41	Bergschenhoek	32 (14 18)	
42	Vlaardingen-West	31 (17 14)	
43	Vlaardingen-Oost	32 (13 19)	
44	Den Haag	17 (6 11)	
45	De Lier	26 (13 13)	9 (6 3)
46	Leiderdorp	30 (16 14)	9 (4 5)
47	Rotterdam-West	11 (5 6)	4 (2 2)
Totaal wegverkeer		210 (95 115)	22 (12 10)
50	Dordrecht	14 (6 8)	4 (1 3)
51	Utrecht	10 (1 9)	1 (0 1)
52	Tilburg	15 (7 8)	5 (2 3)
53	Amsterdam	13 (8 5)	4 (2 2)
Totaal railverkeer		52 (22 30)	14 (5 9)
Totaal		262 (117 145)	36 (17 19)

In het tekstblok op de volgende pagina hebben we een schets gegeven van de locaties waar het onderzoek heeft plaatsgevonden en van de soorten woningen die op die locaties voorkomen. In het gehele onderzoek gaat het om allerlei soorten woningen ((portiek)flats, eengezinswoningen, hoekwoningen, vrijstaande woningen). Aan het eind van het tekstblok is tabel 2.2 toegevoegd. In de eerste twee kolommen zijn het voor een locatie gebruikte nummer en de plaats waar de locatie is gesitueerd gegeven. De volgende kolom geeft het type geluidbron: lokaal en provinciaal wegverkeer, snelwegverkeer, railverkeer. Voor het wegverkeer is ook de maximumsnelheid gegeven. De laatste kolom geeft het percentage van de deelnemers dat sliep in een slaapkamer die volledig van de weg of de spoorlijn afgekeerd was. Een volledig van de weg of het spoor afgekeerde slaapkamer impliceert veelal dat het verschil tussen het geluid van het verkeer buiten en in de slaapkamer aanzienlijk is. Van 32% van de deelnemers was de slaapkamer geheel van de weg of het spoor afgekeerd (minst belast door brongeluid in de slaapkamer), en voor 68% van de deelnemers was de slaapkamer (enigszins) naar de weg of het spoor toegekeerd (meer belast door brongeluid in de slaapkamer). Voor locaties 40 en 53 liggen deze percentages het hoogst (65 en 67%) en voor locatie 47 het laagst (0%).

Wat het type wegdek betreft, gaat het op elke locatie op de drukke weg om asfalt of ZOAB asfalt.

Locatie 40: wijk met eengezinswoningen (twee en drie etages; koopwoningen). Woningen met achtergevel op 30 meter evenwijdig aan provinciale weg N209 en woningen loodrecht op deze weg. Tussen weg en woningen gras en kale bomen. Slaapkamers voor en achter. Over de provinciale weg veel vrachtverkeer naar veiling.

Locatie 41: wijk met woningen van diverse typen (eengezinswoningen, twee-onder-één-kap, vrijstaand; koopwoningen). Woningen met voorgevel op 30 meter evenwijdig aan provinciale weg N209 en woningen loodrecht op deze weg. Tussen weg en woningen gras en enige kale bomen. Slaapkamers voor en achter. Over de provinciale weg veel vrachtverkeer naar veiling.

Locatie 42: wijk met eengezinswoningen (koopwoningen) evenwijdig aan snelweg A20 (ouderslaapkamer direct zicht op snelweg) en vier-verdiepingenflats (koopwoningen) loodrecht op de snelweg. Afstand van wijk tot snelweg ongeveer 100 meter, tussen weg en woningen gras en sloot.

Locatie 43: wijk met voornamelijk flats (tenminste acht etages; huurflats), veelal min of meer loodrecht op snelweg A20. Afstand van wijk tot snelweg ongeveer 150 meter, tussen snelweg en flats kale bomen en straat naar parkeerplaatsen.

Locatie 44: wijk met eenvoudige portiekflats (vier woonlagen; huurflats) direct aan drukke uitvalsweg (Erasmusweg) van Den Haag naar het Westland. De meeste woningen met één slaapkamer, met zicht op de weg, en overige woningen met grootste van de twee slaapkamers met zicht op de weg. Veel schotelantennes. Afstand tot het midden van de weg ongeveer 15 meter, tussen weg en woningen stoep en fietspad.

Locatie 45: wijk met voornamelijk eengezinswoningen (veelal koopwoningen) veelal loodrecht op de provinciale weg langs De Lier met vrachtverkeer naar veilingen. Provinciale weg op ongeveer 15 meter van de woningen, ongeveer 5 meter boven maaiveld. Tussen weg en woningen rustig straatje en enige begroeiing op talud.

Locatie 46: wijk met eengezinswoningen (koopwoningen), doorsneden door de snelweg A4. Aan één kant een gesloopt huizenblok. Woningen haaks op de weg en evenwijdig langs de weg op ongeveer 100 meter afstand tot het midden van de weg. Snelweg ligt op vijf meter hoog talud. Tussen woningen en snelweg smal straatje en groenstroken aan weerszijden van de snelweg

Locatie 47: wijk met portiekflats (vier woonlagen; veelal koopwoningen) loodrecht op lokale weg (Horvathweg) van Rotterdam naar Schiedam. Portiekflats loodrecht op de Horvathweg, met kopse kant van de woningen op 10 meter van de weg. Weg op 5 meter hoog talud. Tussen weg en woningen een kleine straat. Aan de andere kant van de weg een metrolijn op hoog talud (15 meter) op ongeveer 30 meter van de woningen en daarachter spoorlijn, op laag talud (5 meter).

Locatie 50: wijk met kleine eengezinswoningen (de helft koop-, en de helft huurwoningen), veelal loodrecht op de spoorlijn, van Dordrecht naar Breda. Spoorlijn op ongeveer 25 meter van kopse kant van de woningen. Spoorlijn op vijf meter hoog talud, tussen woningen en spoorlijn een straat, sloot en gras

Locatie 51: wijk met eengezinswoningen en portiekflats (bijna alle huurwoningen), aan beide zijden van de spoorlijn van Utrecht naar Amersfoort. Spoor op twee meter hoog talud; woningen vanaf 25 meter van spoorlijn, veelal loodrecht op de spoorlijn.

Locatie 52: wijk met veelal eengezinswoningen (koopwoningen), evenwijdig aan de spoorlijn met grootste slaapkamer veelal aan kant van de spoorlijn. Spoor op 5 meter hoog talud. Afstand van talud tot de woningen ongeveer 7 meter, met tussen spoor en woningen een stoep en smalle straat.

Locatie 53: wijk met etagewoningen (voornamelijk koopwoningen), woningen van deelnemers veelal loodrecht op spoorlijn. Spoorlijn van Amsterdam naar Amersfoort en van Amsterdam naar Utrecht. Spoorlijn op ongeveer 15 meter van kopse kant van woningen. In de buurt druk lokaal wegverkeer. Slaapkamers soms door andere woningen afgeschermd van railverkeersgeluid.

Tabel 2.2 Gegevens over locaties.

nummer locatie	plaats van locatie	voornaamste geluidbron op locatie	% slaapkamers van weg/spoor afgekeerd
40	Bleiswijk	provinciale weg, 80 km/uur	65
41	Bergschenhoek	provinciale weg, 80 km/uur	35
42	Vlaardingen-West	snelweg, 120 km/uur	26
43	Vlaardingen-Oost	snelweg, 100 km/uur	16
44	Den Haag	uitvalsweg, 50 km/uur	31
45	De Lier	provinciale weg, 80 km/uur	19
46	Leiderdorp	snelweg, 100 km/uur	36
47	Rotterdam-West	uitvalsweg, 50 km/uur	0
50	Dordrecht	spoorweg	43
51	Utrecht	spoorweg	33
52	Tilburg	spoorweg	40
53	Amsterdam	spoorweg	67

Aan ongeveer 2600 adressen is de folder met een uitnodiging tot deelname gezonden (exclusief de als onbestelbaar aan TNO geretourneerde exemplaren). Het aantal adressen dat per locatie benaderd werd was niet de geplande 300, maar ongeveer 250 als het ging om twee meetintervallen en ongeveer 125 als het ging om één meetinterval, omdat de locaties minder woningen bevatten dan in de planning werd aangenomen. Door personen op ongeveer 185 adressen (7%) is op de uitnodiging gereageerd. Het percentage van 7% ligt lager dan het overeenkomstige percentage in het GES-onderzoek (10%).

Vanwege het relatief geringe aantal reacties kon TNO op slechts enkele locaties deelnemers naar leeftijd en geslacht selecteren. Aan het onderzoek deden 117 mannen (45%) en 145 vrouwen deel (55%); dit is ten opzichte van de verdeling onder de Nederlandse bevolking ³⁶ (49% mannen, 51% vrouwen) een kleine oververtegenwoordiging van vrouwen in het onderzoek.

Zo mogelijk hebben we aan oudere en de jongste kandidaten de voorkeur gegeven. We hebben de leeftijdsverdeling van de deelnemers vergeleken met die van de Nederlandse volwassenen in 2005³⁶. Het resultaat is in tabel 2.3 gegeven.

Tabel 2.3 Vergelijking van de leeftijdsverdeling van de deelnemers en die van de volwassen Nederlanders.

leeftijd	verdeling in huidig onderzoek	verdeling onder Nederlandse volwassenen
minder dan 25 jaar	7	11
25-34 jaar	18	17
35-44 jaar	21	21
45-54 jaar	16	18
55-64 jaar	17	16
ten minste 65 jaar	21	18

Uit tabel 2.3 blijkt dat er een goede overeenkomst is van de leeftijdsverdeling in het huidige onderzoek en die van de Nederlandse volwassen bevolking; alleen het percentage jongsten in het huidige onderzoek is lager en het percentage oudsten hoger dan onder de Nederlandse bevolking. Dat laatste is in overeenstemming met de proefopzet, die een oververtegenwoordiging van ouderen in het onderzoek beoogde te bewerkstelligen.

Ruim 30% van de deelnemers nam op een adres als enige deel; bijna 70% van de deelnemers behoorde tot een deelnemend koppel. Geen van de deelnemers heeft tussentijds zijn/haar deelname beëindigd. Wel hebben drie personen na toezegging tot deelname vóór de aanvang van het onderzoek van deelname afgezien.

2.4.2 *Geluidsmetingen, identificatie van verkeersgeluid en bepalen van geluidsbelaastingvariabelen*

De geluidsmetingen zijn uitgevoerd conform de geplande procedures. Met het doel om de identificatie van passerende voertuigen te vergemakkelijken is gebruik gemaakt van een passief infrarood detector (ook wel PIR genoemd). Deze detector is op elke locatie zo goed mogelijk op de weg of het spoor gericht. Het signaal uit de detector is opgeslagen in het geheugen van de buitenmeter. Dit vereiste dat de detector niet ver van de buitenmeter werd geplaatst. Dat had tot gevolg dat de detector op een aantal weglocaties de verkeerspassages niet kon detecteren. Ook op andere locaties waar detectie van een passerend voertuig in principe wel mogelijk was, werden soms

passages door de PIR niet geregistreerd. We hebben de betrouwbaarheid van de registraties door de detector op de eerste twee locaties (waar de detectie van wegverkeerspassages meer veelbelovend bleek dan op de later geselecteerde weglocaties) uitvoerig onderzocht aan de hand van de geluidsmetingen (niet alleen die door de buitenmeter, maar ook die door de buiten geplaatste binnenmeter en door binnenmeters), en zijn tot de slotsom gekomen dat identificatie van verkeerspassages betrouwbaarder was aan de hand van de akoestische signalen dan aan de hand van de PIR detector. We hebben wel op elke locatie opnames gemaakt met de detector, maar afgezien van het stelselmatig gebruik van de resultaten voor de identificatie van verkeerspassages. In incidentele gevallen hebben we naar de PIR registratie gekeken. De wijze waarop we de luidere verkeerspassages op de buitenmeter hebben bepaald, is beschreven in A.1.2. We zijn er redelijk zeker van dat we met de gebruikte aanpak de luidere verkeerspassages correct geïdentificeerd hebben. Het was zonder enig probleem mogelijk om aan de verkeerspassages momentane geluidsparementers, zoals het maximum geluidniveau op de buitenmeter, toe te kennen. Het bepalen van de momentane geluidsparementers binnen in de slaapkamers leverde problemen op doordat slaapkamers akoestisch verontreinigd waren met geluiden die niet van de verkeersbron afkomstig waren, en doordat het veelal niet mogelijk bleek om het tijdstip waarop een voertuig een slaapkamer passeerde vast te stellen. In 3.4 en bijlage A zetten we uiteen welke aanpak we gevolgd hebben om geluidsbelaastingsparementers in de slaapkamer door verkeerspassages te bepalen.

2.4.3 *Toevoegen gegevens GES-onderzoek*

Uit de beschrijving van de locaties blijkt dat er geen locaties gekozen zijn met afwezigheid van weg- en railverkeer. Het onderzoek beoogde de noodzakelijke verschillen in geluidsbelaastingen te verkrijgen uit verschillen in de ligging en isolatie van de woningen binnen de locaties. In het vervolg zal blijken dat het toevoegen van zogenoemde referentie-locaties een goede zaak zou zijn geweest, vooral om een voldoende grote verschillen in achtergrondniveaus tussen locaties te bewerkstelligen. In een aantal analyses (met name met betrekking tot motiliteit) maken we daarom gebruik van gegevens uit het slaapverstoringsonderzoek in de omgeving van Schiphol, uitgevoerd in het GES-onderzoeksprogramma (in dit rapport aangegeven met GES-onderzoek)¹⁸⁻²¹. In het GES-onderzoek is van dezelfde geluidsmeters en actimeters gebruik gemaakt en zijn dezelfde meetmethoden gebruikt, en de originele gegevens zijn op dezelfde wijze behandeld als in het huidige onderzoek. Uit het GES-gegevensbestand zijn de twee locaties geselecteerd met (vrijwel) geen blootstelling aan nachtelijk vliegtuiggeluid: Hillegom en Haarlem-Zuid. Ook was er (vrijwel) geen nachtelijk wegverkeersgeluid en geen railverkeersgeluid op beide locaties. In Haarlem-Zuid betreft het een locatie met woonerven en in Hillegom een locatie met lokaal verkeer door rustige straten. Vanwege de vrijwel volledige afwezigheid van verkeersgeluid beschouwen we de geluidsggegevens en de gegevens over actimetrie als de referentiegegevens voor dit onderzoek.

Het GES-onderzoek duurde op beide locaties twee maal 10 dagen (van maandagavond tot vrijdagmorgen een week later). Van deze tien dagen hebben we voor dit onderzoek de dagen geselecteerd van woensdag tot dinsdag, omdat dit overeenkomt met de deelnemersdagen uit het huidige onderzoek.

2.4.4 *Vragenlijst aan niet-deelnemers*

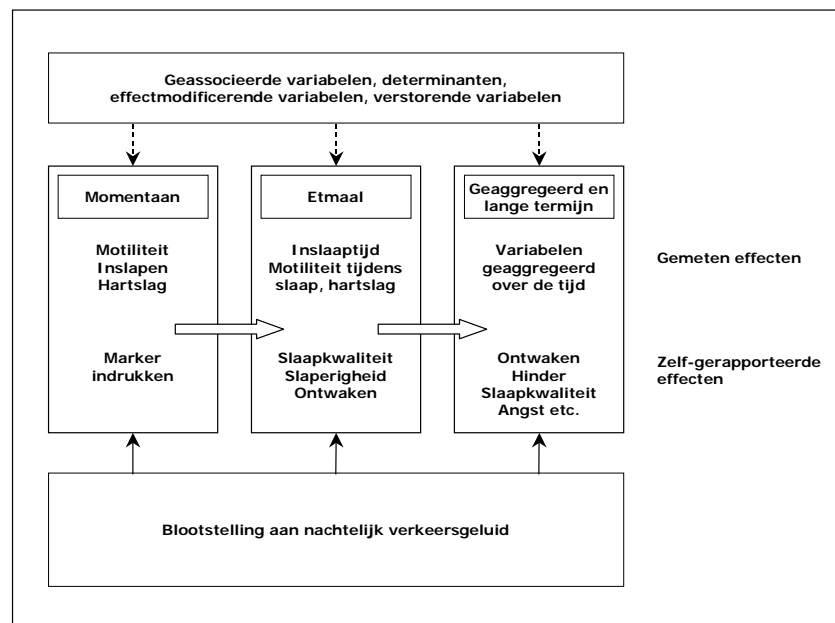
In totaal hebben 183 personen een niet-deelnemersvragenlijst ingevuld. Dat is ongeveer 30% van het aantal benaderde adressen.

3 Aanpak van de analyses

3.1 Analysemodel

In figuur 3.1 is het model gegeven dat de basis vormt voor de analyses. We hebben relaties onderzocht op drie tijdschalen:

- Momentaan niveau: veranderingen in momentane indicatoren voor slaapverstoring hebben we in verband gebracht met het *geluid tijdens een verkeerspassage*;
- Niveau van een etmaal (inclusief één slaaperiode): indicatoren voor slaapverstoring die betrekking hebben op één slaaperiode van een deelnemer of op de dag erna hebben we in verband gebracht met de *blootstelling aan verkeersgeluid tijdens de slaap of tijdens de inslaaperiode*;
- Op geaggregeerd en lange termijn niveau: indicatoren voor slaapverstoring die geaggregeerd zijn over zes dagen of nachten en indicatoren voor slaapverstoring die betrekking hebben op een langere periode, verkregen uit de vragenlijst, hebben we in verband gebracht met *nachtelijk geluid over zes nachten* afkomstig van de geluidsmetingen in het huidige onderzoek.



Figuur 3.1 Analysemodel voor expositie-effectrelaties.

3.2 Effectvariabelen/indicatoren voor slaapverstoring

In het onderzoek maken we gebruik van twee soorten indicatoren voor slaapverstoring (effectvariabelen): uitkomsten van metingen die zonder tussenkomst van de deelnemer zijn verkregen en zelf-gerapporteerde of zelf-geregistreeerde variabelen.

De uitkomsten van metingen in het onderzoek betreffen motiliteit en hartslag. Motiliteit wordt in het huidige onderzoek gemeten in 15-s intervallen. We leiden uit de meting per 15 seconden twee binaire grootheden af: m (motiliteit gedurende het 15-s interval) en k (begin van motiliteit in het 15-s interval). Als de pols van de deelnemer

in een 15-s interval beweegt met een versnelling boven de drempel ($0,01 * g \text{ m/s}^{-2}$), is m (motiliteit) gelijk aan 1, anders is m gelijk aan 0. Als in een 15-s interval $m=1$, en in het voorgaande 15-s interval $m=0$, dan is $k=1$ in dat 15-s interval en anders $k=0$.

Vooruitlopend op de resultaten uit het onderzoek, lijkt het ons hier een goede plaats om enige totaalresultaten in tekstblokken op te nemen.

Als we alle 15-s binnen de slaaperiodes van de deelnemers in aanmerking nemen, dan is in een 15-s interval de kans op $m=1$ gemiddeld over alle waarnemingen (totaalgemiddelde) gelijk aan 0,054 (mannen 0,057, vrouwen 0,050) en de kans op $k=1$ gelijk aan 0,030 (mannen 0,032, vrouwen 0,028). Er is geen duidelijk verschil tussen nachten. Voor een slaaperiode van 7,5 uur impliceren de kansen per 15-s dat het aantal maal motiliteit per slaaperiode gemiddeld gelijk is aan 97, en het aantal maal begin van motiliteit gelijk aan 54.

De hartslagparameters zijn gemeten met 6 elektroden, waarvan er drie nodig zijn om de R-toppen van de hartslag te detecteren. Hieruit zijn de 'interbeat intervallen' (IBI's; intervallen tussen opeenvolgende hartslagen) afgeleid en opgeslagen in het interne geheugen van de meter. Uit de IBI's hebben we de frequentie van de hartslag (h) bepaald in aantal slagen per minuut. Over elke periode van vijf minuten is uit de IBI's de hartslagvariabiliteit (bvb) tijdens inslapen en de slaaperiode bepaald uit de 'beat-to-beat' variatie in de IBI's^a.

Als we alle slaaperiodes van de deelnemers die hebben meegedaan aan de hartslagmetingen beschouwen, dan is het totaal gemiddelde van het aantal hartslagen 68 slagen per minuut (mannen 64, vrouwen 72), het totaal gemiddelde van IBI 900 ms (mannen 960, vrouwen 850) en het totaal gemiddelde van de hartslagvariabiliteit 37 ms (mannen 41, vrouwen 33).

De door de deelnemer zelf-gerapporteerde en zelf-geregistreerde effectvariabelen zijn verkregen door van een deelnemer te vragen een registratie, beschrijving of evaluatie uit te voeren (door op de marker te drukken, in vragenlijst, ochtend- en avondlogboekje, op de slaperigheidsstrip). De tijd van het 15-s interval waarin een deelnemer op de marker heeft gedrukt, wordt in het geheugen van de actimeter vastgelegd. Als in een 15-s interval de marker wordt ingedrukt (er heeft zelf-geregistreerd ontwaken plaatsgevonden) is de binaire grootheid $mark=1$, anders $mark=0$.

^a Door toevoeging van de 3 andere elektroden kunnen de PEP (Pre-Ejection Period) en de RSA (Respiratory Sinus Arrhythmia) bepaald worden. De PEP wordt verkregen door het tijdsinterval van de R-top tot het B-punt (gedefinieerd als een plotselinge verhoging in de thorax impedantie, ofwel weerstand van de ribbenkas) met een vast interval te verhogen. Deze maat is omgekeerd gerelateerd aan de mate van samentrekking van de hartspier, die puur door sympatische activiteit wordt gestuurd. De RSA is een maat voor de ritmische veranderingen in de hartslag in de frequentie van de ademhaling (verkregen door middel van spectraalanalyse op de IBI's) en wordt algemeen beschouwd als parasympatisch gestuurd. Aangezien de analyses ter bepaling van PEP en RSA tijdrovend zijn, waren ze niet te realiseren binnen de huidige projectbegroting en zijn ze buiten het project uitgevoerd. Om deze reden worden deze maten in de huidige rapportering van dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. De resultaten zullen te zijner tijd worden gepresenteerd³⁷.

Als we alle 15-s binnen de slaaperperiodes van de deelnemers in aanmerking nemen, dan is in een 15-s interval de kans op $\text{mark}=1$ gelijk aan 0,0008 (mannen 0,00072, vrouwen 0,00086). Voor een slaaperperiode van 7,5 uur houdt dit in dat het aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken gemiddeld per slaaperperiode gelijk is aan 1,4.

De effectvariabelen zijn voor elk van de analyse-niveaus in de betreffende hoofdstukken gegeven.

3.3 Variabelen van nachtelijk weg- en railverkeersgeluid

In het volgende tekstblok is enige akoestische informatie opgenomen.

De maat die we, volgens internationale afspraken, voor de geluidsbelasting over een bepaalde periode hebben gekozen is het zogenoemde *equivalente geluidniveau*. Het equivalente geluidniveau over een bepaalde periode T ($LA_{eq,T}$) is een soort gemiddeld niveau over die periode, waarbij hoge niveaus veel zwaarder meetellen dan de lagere niveaus^a. Het equivalente geluidniveau is een zogenoemde logaritmische maat. Dat houdt bijvoorbeeld in dat als er ergens twee bronnen over een periode T een constant geluidniveau van elk zeg 60 dB(A) maken, het totale geluidniveau 63 dB(A) is en niet 120 dB(A). Ook is het zo, dat als de ene helft van een periode het geluidniveau 20 dB(A) is en de andere helft 60 dB(A), het equivalente geluidniveau over de hele periode 57 dB(A) is, en niet 40 dB(A).

De maten die we, volgens internationale afspraken, voor de geluidsbelasting door een passage van een voertuig (auto, trein) hebben gekozen zijn het maximum geluidniveau (L_{max}) tijdens de passage en SEL , een geluidmaat die volgens de rekenregels van het equivalente geluidniveau wordt berekend^b. Daarbij integreren we over de tijd dat het geluidniveau van de verkeerspassage ligt tussen $L_{max} - 10$ en L_{max} . De uitkomst wordt in dit rapport aangegeven met SEL . Twee gelijktijdige passages met elk een SEL van 60 dB(A) geven een gezamenlijke SEL van 63 dB(A).

^a In formule : $LA_{eq,T} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{T} \int (10^{L(t)/10}) dt \right]$

^b In formule : $SEL = 10 \cdot \lg \int (10^{L(t)/10}) dt$

Zoals reeds vermeld, hebben we in het onderzoek gebruik gemaakt van buiten en in de slaapkamer geplaatste geluidsmeters. Elke geluidsmeter meet het geluidniveau per seconde. Deze variabelen geven we als volgt aan:

L_{bu_1s} met de buitenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde

L_{bb_1s} met de buiten geplaatste binnenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde

L_{bi_1s} met de binnenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde.

Bepaling van de verschillen tussen de geluidsbelasting buiten en in de slaapkamer door luidere verkeerspassages

Over het algemeen zijn er vele geluidbronnen die in de slaapkamer geluid veroorzaken. Dit betreft zowel geluid dat in de slaapkamer wordt geproduceerd, als geluid dat van buiten in de slaapkamer doordringt. Geluid dat in de slaapkamer wordt geproduceerd tijdens de slaaptijd van een deelnemer betreft bijvoorbeeld het snurken door de deelnemer en/of bedpartner, hoesten, activiteiten als aan en/of uitkleden van de partner, afgaan van de wekker, gekraak van het bed, apparatuur zoals airconditioning, en in voorkomende gevallen de televisie waar de bedpartner naar kijkt, het blaffen van de

hond of het slaan van een klok in de slaapkamer^a. De geluidbronnen buiten de slaapkamer betreffen het verkeer buiten (luidere en minder luide passages), stemmen, dichtslaande autodeuren, kerkklokken, wind en/of regen tegen het slaapkamerraam, geluiden geproduceerd buiten de slaapkamer door activiteiten van huisgenoten en derden, zoals het de trap op rennen, het huilen van de eigen baby of die van de burens, en apparatuur in het eigen huis (geluidsapparatuur of TV in woonkamer of andere slaapkamers) en rond het huis (sloopwerkzaamheden).

Om de geluidsbelasting in een slaapkamer door alleen de luidere weg- of railverkeerspassages te bepalen hebben we op basis van de 100 luidste verkeerspassages die in de stillere perioden van de zes nachten (van 0 tot 4 uur op nachten waarop werkdagen volgen en van 1 tot 5 uur op nachten waarop weekenddagen volgen) op de betreffende locatie zijn opgetreden, afgeleid wat het gemiddelde verschil is tussen de maximum geluidsbelasting op de buitenmeter door die passages (*L_{max} buiten*) en de maximum geluidsbelasting in de betreffende slaapkamer (*L_{max} binnen*). Dit gemiddelde verschil is het zogenoemde *buitenbinnenverschil (bbv)* van de betreffende slaapkamer. We hebben verder aangenomen dat het gevonden *buitenbinnenverschil* voor een slaapkamer niet alleen geldt voor de allerluidste passages, maar ook van toepassing is op de wat minder luide passages tijdens de slaaperiode van een deelnemer.

Hoewel oorspronkelijk gepland was om bij het bepalen van *bbv* van een slaapkamer rekening te houden met de stand van het slaapkamerraam, die zeker van invloed is op het verschil tussen *L_{max} buiten* en *L_{max} binnen* van verkeerspassages, hebben we hiervan afgezien, omdat dat in de praktijk voor de meeste slaapkamers niet nodig was (de stand van het raam was elke nacht dezelfde) en voor een aantal slaapkamers niet mogelijk was. In bijlage A is nagegaan of de variatie in de stand van het slaapkamerraam bij het slapen gaan op de zes onderzoeksnachten een belangrijke bijdrage levert aan de onbetrouwbaarheid van het schatten van het verschil tussen *L_{max} buiten* en *L_{max} binnen* in individuele gevallen, en ook of het veranderen van de stand van het slaapkamerraam in de slaaperiode bijdraagt aan deze onbetrouwbaarheid.

Aan de hand van de antwoorden van de deelnemers in de ochtendlogboekjes hebben we vastgesteld dat bij 195 deelnemers de stand van het raam bij het slapen gaan alle zes nachten hetzelfde was (geheel gesloten bij 110 deelnemers, op een kiertje bij 43 deelnemers, verder open bij 42 deelnemers), bij 23 deelnemers was de stand van het raam niet alle nachten hetzelfde, maar was het raam wel alle nachten geopend, en bij 44 deelnemers was het raam bij het slapen gaan soms gesloten en soms open (gemiddeld de helft van de nachten gesloten en de helft van de nachten geopend). In bijlage A hebben we geconcludeerd dat tot gevolg heeft dat bij gebruik van *bbv* er voor de helft van de nachten van de 44 deelnemers een overschatting van 2,2 dB(A) is van *L_{max} buiten* – *L_{max} binnen* (namelijk als de ramen open zijn) en voor de helft van de nachten een onderschatting van 2,2 dB(A).

In het ochtendlogboekje is ook gevraagd of de stand van het slaapkamerraam in de loop van de nacht veranderd was, en zo ja waarom dit was gebeurd en wat de gewijzigde stand van het slaapkamerraam was. Een verandering van de stand van het slaapkamerraam heeft 19 maal (1,2% van de nachten) binnen een slaaperiode van een deelnemer plaatsgevonden. Van deze 19 maal was dit 9 maal (0,6%) in de delen van de nacht die gebruikt zijn om *bbv* te berekenen. Twee maal is het geluid van autoverkeer op de snelweg als reden gegeven (om half zes en zeven uur, en daarbij buiten de

^a Uit de originele geluidsgegevens (waarden per seconde) blijkt duidelijk dat het ritmische geluid van snurken een voorname geluidsoorzaak in de slaapkamer tijdens de slaaptijden is. Zeer opvallend is echter, dat in de logboekjes slechts 21 maal (ruim 1% van de nachten) het tussentijds wakker worden door snurken van de partner genoemd wordt.

periode die gebruikt is om *bbv* te bepalen), en de overige redenen hadden te maken met de temperatuur in de slaapkamer (te koud, te warm), ventileren, of de hond die het koud had. Omdat een verandering van de stand van een slaapkamerraam zo weinig opgetreden is in de periode die gebruikt is om *bbv* te bepalen, is het uiterst onwaarschijnlijk dat dit een merkbaar effect heeft gehad op de bepaling van *bbv*. Omdat een verandering van de stand van een slaapkamerraam in het onderzoek überhaupt weinig opgetreden is, zijn die veranderingen van geen wezenlijk belang voor de geluidsbelasting van de deelnemers.

Bepaling van luidere verkeerspassages en van effectbeoordelings-intervallen

Voor het vaststellen van acute effecten van geluid op slaapparameters (motiliteit, hartslag, zelf-geregistreerd ontwaken) is het van belang om de geluidsparameters op momentaan niveau (dat wil zeggen de parameters van de verkeerspassages) te kennen. De analyses van momentane effectvariabelen hebben we beperkt tot de stillere perioden gedurende de nacht (van 0 tot 4 uur op nachten waarop werkdagen volgen en van 1 tot 5 uur op nachten waarop weekenddagen volgen). Op de meeste wegverkeerslocaties is er buiten de stillere perioden een grote overlap van voertuigpassages, waardoor er geen goed onderscheid tussen passages gemaakt kan worden. In bijlage A is uitvoerig ingegaan op de wijze waarop luidere verkeerspassages zijn gedetecteerd en welke geluidsvariabelen aan deze verkeerspassages zijn toegekend. De detectie van deze passages berust op het maximum geluidniveau op de buitenmeter (*Lmax_bu*) gedurende een passage. De gehanteerde methode heeft tot gevolg dat minder luide verkeerspassages (met *Lmax_bu* minder dan ongeveer 25 dB(A) boven het achtergrondniveau bepaald per half uur^a) met deze methodiek niet opgespoord zijn. De gevolgde procedure houdt ook in dat vrijwel gelijktijdige verkeerspassages langs de buitenmeter met een verschil in *Lmax_bu* op de buitenmeter van minder dan 10 dB(A) als één passage gerekend zijn. In tabel A1 is per locatie-interval het aantal luidere verkeerspassages op de buitenmeter in de gegeven periodes van de nacht vermeld. Het aantal varieert van een paar (op locatie 46, de locatie in Leiderdorp in de buurt van een snelweg) tot ruim 900 (op locatie 40, de locatie in Bleiswijk, in de buurt van een provinciale weg). Voor de passages is het tijdstip van *Lmax_bu* gekozen om het *tijdstip* van het passeren door een voertuig van de buitenmeter mee vast te leggen.

Voor het vaststellen van acute effecten op slaapparameters is het van belang om te weten wanneer de voertuigen de *slaapkamers* passeren. Oorspronkelijk was het plan om bij het bepalen van het tijdstip van het passeren door een voertuig van een binnenmeter ook de meetresultaten van de *buitengeplaatste binnenmeter* te betrekken. Door allereerst het verschil te bepalen tussen het tijdstip van het passeren van de buitenmeter (tijd van *Lmax* op de buitenmeter) en het tijdstip van passeren van een voertuig van de buiten geplaatste binnenmeter (tijd van *Lmax* op de buiten geplaatste binnenmeter) waren we van plan om de richting van een voertuig te bepalen en uit het verschil in afstanden van een binnenmeter tot de beide buiten geplaatste meters een schatting van het tijdstip van een passage op een binnenmeter. Dit bleek in de praktijk een methode die niet uitvoerbaar was, vooral omdat door het grote aantal voertuigen de koppeling van de twee passages van een specifiek voertuig niet mogelijk was.

De intervallen waarin we gekeken hebben naar acute effecten van verkeerspassages (de zogenoemde effectbeoordelings-intervallen) hebben we ruimer genomen dan de 15-s

^a Voor lokaal wegverkeer en railverkeer is het achtergrondniveau in de beschouwde periode 33 – 35 dB(A), voor snelwegverkeer 40 dB(A). Passages van lokaal wegverkeer en railverkeer met een *Lbu_max* van ten minste 58 – 60 dB(A) en passages van snelwegverkeer met een *Lbu_max* van ten minste 65 dB(A) zijn luidere verkeerspassages.

intervallen van de passages op de buitenmeter. Van de 15-s intervallen waarin een passage op de buitenmeter optrad, hebben we nieuwe intervallen gecreëerd door er twee 15-s intervallen aan toe te voegen: één 15-s interval vóór het (eerste) 15-s interval en één 15-s interval na het (laatste) 15-s interval. Deze twee 15-s intervallen zijn toegevoegd om te compenseren voor het feit dat een vervoermiddel soms eerder en soms later de buitenmeter passeert dan een slaapkamer. Als twee nieuw gecreëerde effectbeoordelingsintervallen elkaar overlappen, zijn deze twee intervallen samengenomen en beschouwen we het samengevoegde interval als één effectbeoordelings-interval. Aan elk effectbeoordelings-interval hebben we momentane geluidsparameters toegevoegd. Bij samengenomen intervallen hebben we de hoogste waarden van deze parameters gekozen. In tabel A1 zijn per locatie-interval (zes nachten te samen) de aantallen effectbeoordelingsintervallen gegeven. Het aantal varieert van een paar op locatie 46 (snelwegverkeer) tot bijna 600 op locatie 40.

In tabel A1 zijn de aantallen effectbeoordelingsintervallen nog niet gekoppeld aan het aantal deelnemers met hun slaaptijd tijdens deze intervallen. Gemiddeld valt 90% van de effectbeoordelingsintervallen samen met de slaaptijd van de deelnemer. Het totaal aantal *effectbeoordelingsintervallen binnen* is gelijk aan het aantal deelnemers dat tijdens een locatie-interval heeft deelgenomen maal het aantal effectbeoordelingsintervallen buiten maal het deel van de effectbeoordelingsintervallen dat samenvalt met de slaaptijd van de deelnemers. Voor locatie-interval 471, bijvoorbeeld, is dit met 11 deelnemers, 70 effectbeoordelingsintervallen en 91% slapende deelnemers gelijk aan $11 \cdot 70 \cdot 0,91 = 700$ *effectbeoordelingsintervallen binnen*.

Berekening van de geluidsbelastingen gedurende één slaaptijd

Voor elke deelnemer en elke nacht hebben we het tijdstip van inslapen en het tijdstip van wakker worden bepaald (zie paragraaf 4.1), en daaruit de *slaaptijd (spt)*.

Vervolgens hebben we over elke slaaptijd uit de waarden van *Lbu_1s* het equivalente geluidniveau op de buitenmeter gedurende de slaaptijd (*Lbuspt*) berekend, uit *Lbb_1s* het equivalente geluidniveau op de buiten geplaatste binnenmeter (*Lbbspt*) en uit *Lbi_1s* het equivalente geluidniveau op de binnenmeter die in de betreffende slaapkamer was geplaatst (*Lbispt*). We nemen aan dat in *Lbuspt* het geluid dat afkomstig is van alle verkeerspassages verdisconteerd is, en niet alleen het geluid van de luidere passages, zoals dat bij de momentane metingen het geval is.

Lbispt is het equivalente geluidniveau dat wordt veroorzaakt door alle geluidbronnen in de slaapkamer te samen. Het equivalente geluidniveau in een slaapkamer gedurende een slaaptijd van een deelnemer dat is veroorzaakt door het weg- of railverkeer (*Lbi_bronspt*) is gelijk aan *Lbuspt* van die deelnemer over diens slaaptijd verminderd met *bbv*.

Het achtergrondniveau in een slaapkamer is ongeveer 20 dB(A) en de binnenmeters zijn zo ingesteld dat ze ongeveer 20 dB(A) ook als laagste meetniveau hadden. Bij de berekening van *Lbi_bronspt* is geen rekening gehouden met het feit dat het gemeten geluidniveau in een slaapkamer niet onder de 20 dB(A) ligt. Dit heeft de volgende consequentie. Stel dat *Lmax buiten* van een passage 55 dB(A) is en *bbv* van de slaapkamer 40 dB(A), dan wordt in de berekening van *Lbi_bronspt* *Lbi_bron_1s* gedurende de seconde met *Lmax_bu* gelijk gesteld aan $55 - 40 = 15$ dB(A), terwijl de laagste meetwaarde ongeveer 20 dB(A) is. Het lijkt er dan dus op dat door een verkeerspassage het binnenniveau lager ligt dan wanneer er geen verkeerspassage zou zijn geweest. Er is dus bij de berekening van *Lbi_bronspt* geen rekening gehouden met het feit dat het achtergrondgeluid in de slaapkamer hoger ligt dan het binnen door de bron geproduceerde geluidniveau. Bij het berekenen van een andere expositiemaat (*Lbi_bgspt*) hebben we hiermee wel rekening gehouden, en wel door bij de berekening

van Lbi_bgbron elke waarde van $Lbu_1s - bbv$ die kleiner is dan 20 dB(A) gelijk te stellen aan 20 dB(A). Lbi_bgspt is dus de geluidsbelasting door de bron, zover het geluidniveau van de passages binnen boven het achtergrondgeluid uitkomt. Echter, een verkeerspassage met een maximum onder het achtergrondniveau kan eventueel wel hoorbaar zijn, als het brongeluid tenminste niet meer dan ongeveer 5 dB(A) onder het achtergrondniveau ligt. Dus $Lbi_bronspt$ en Lbi_bgspt , die overigens niet veel van elkaar verschillen, zijn dus beide zinvolle expositiematen. We hebben de desbetreffende analyses steeds met zowel $Lbi_bronspt$ als Lbi_bgspt elk als de onafhankelijke variabele uitgevoerd. Daarbij bleek de relatie van $Lbi_bronspt$ met de effectvariabelen steeds beter dan die met Lbi_bgspt . Daarom hebben we de resultaten met Lbi_bgspt niet in hoofdstuk 6 van de hoofdtekst opgenomen.

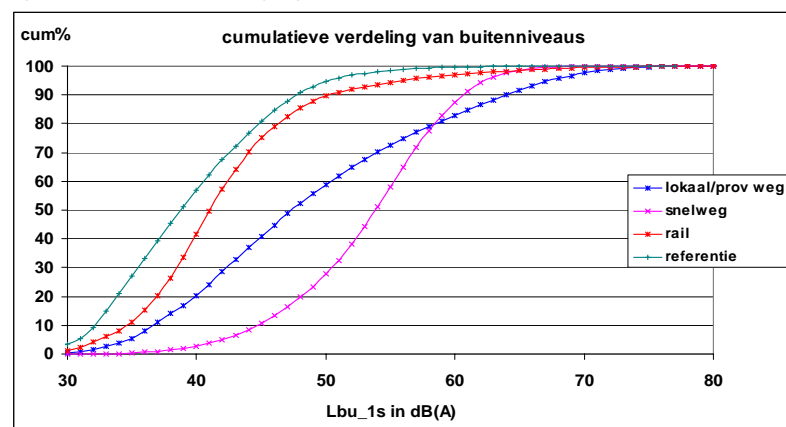
Tenslotte hebben we het verschil $Lbi_Lbibronspt$ tussen $Lbispt$ (totale equivalente geluidniveau in de slaapkamer gedurende de slaaptijd) en $Lbi_bronspt$ bepaald^a. $Lbi_Lbibronspt$ interpreteren we als het equivalente geluidniveau dat in de slaapkamer is veroorzaakt door diverse bronnen, exclusief de verkeerspassages.

Berekening van de geluidsbelasting over zes slaaperperiodes

De equivalente geluidniveaus over alle zes slaaperperiodes van een deelnemer (Lbu_sleep , Lbb_sleep , en Lbi_sleep , Lbi_bron_sleep en Lbi_bg_sleep) zijn uit de overeenkomstige equivalente geluidniveaus gedurende de slaaperperiodes van een deelnemer berekend, waarbij rekening is gehouden met de duur van elke slaaperperiode. De resultaten met Lbi_bg_sleep hebben we niet in hoofdstuk 7 van de hoofdtekst opgenomen, omdat de relatie van Lbi_bron_sleep met de effectvariabelen steeds beter bleek dan die met Lbi_bg_sleep .

Variabelen die de achtergrondniveaus op locaties kenmerken

In de vorige paragrafen hebben we de aandacht vooral gericht op de luidere verkeerspassages. Om meer inzicht te krijgen in de geluidssituatie 's nachts van de deelnemers hebben we ook de verdelingen van Lbu_1s bepaald. Daarbij hebben we alle per type geluidbron gemeten waarden op een locatie tussen 11 uur 's avonds en 7 uur 's morgens samengenomen. De cumulatieve verdeling van Lbu_1s per type geluidbron is gegeven in figuur 3.3. Een uitsplitsing naar locatie is opgenomen in figuur A4 en A5 van bijlage A.



Figuur 3.3 Cumulatieve verdeling van Lbu_1s voor de locaties per brontype, en die voor de referentie-locaties.

^a $Lbi_Lbibronspt = 10 \cdot \log [10^{Lbispt/10} - 10^{Lbi_bronspt/10}]$.

De cumulatieve verdeling van *Lbu_1s* van de diverse brontypen vertonen een duidelijk verschil. Op de snelwegverkeerslocaties is het percentage lage *Lbu_1s* waarden zeer gering, op de railverkeerslocaties is het percentage lage geluidniveaus veel groter en de lokale en provinciale locaties liggen daartussenin. De cumulatieve verdeling van de buitenniveaus op de referentie-locaties ligt hoger dan die van de in dit rapport beschouwde brontypen. De referentie-locaties vertegenwoordigen dus de stilste nachtelijke situaties.

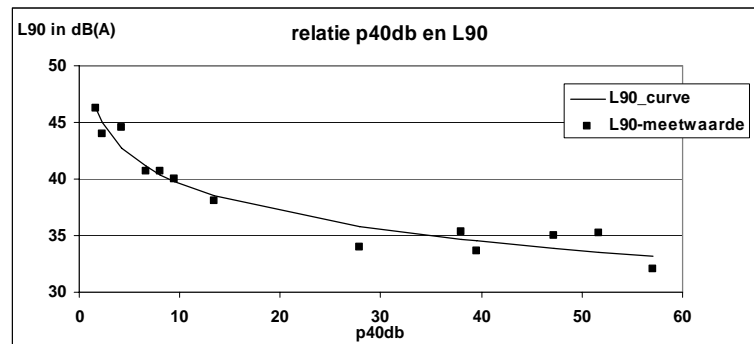
De afwezigheid van lage (A-gewogen) achtergrondniveaus op alle snelwegverkeerslocaties en op de meeste lokale en provinciale wegverkeerslocaties kunnen we verklaren doordat het geluid van vrachtwagens en personenauto's van verre, seconden voordat en seconden nadat ze de kortste afstand tot de woning hebben bereikt, meetbaar is. Dat meten betreft niet alleen het rechtstreekse geluid van het vervoermiddel, maar ook het door voorwerpen in de omgeving (woningen en bomen verderop, eventueel aan de overkant van de straat) gereflecteerde geluid van het vervoermiddel. Daar komt bij dat voor wegverkeer de frequentiesamenstelling (zoals te zien is in het relatieve A-gewogen geluidsspectrum) sterk afhangt van de afstand tot het weggedeelte, waar het voertuig zich bevindt³⁸. Dat impliceert dat van het geluid van de verderweg rijdende vervoermiddelen (200 tot 400 meter) de hoger frequente componenten (boven 1000 Hz) vrijwel geheel zijn weggevallen en dat de laagfrequente componenten (beneden 125 Hz) vrijwel zonder geluidsreductie de meetplaats bereiken. Dat verklaart de deken van (laagfrequente) ruis die langs snelwegen waar te nemen is en die binnen de bezochte locaties subjectief niet van de kortste afstand tot de weg lijkt af te hangen. Ook voor de minder frequent bereden lokale en provinciale wegen geldt dit in zekere mate, zij het dat er tussen de verkeerspassages (korte) periodes zijn, waarin het geluidniveau door het wegverkeer niet verhoogd is. Voor het railverkeer, dat minder frequent optreedt dan wegverkeer, geldt het laatste in versterkte mate.

De waarneembaarheid in een slaapkamer van deze laagfrequente ruis hangt mede af van de geluidwering van de gevel van die slaapkamer. De geluidwering van een gevel (inclusief het al dan niet dubbel beglaasde raam) is globaal voor laagfrequente componenten zo'n 20 dB, en daarmee globaal 15 tot 20 dB minder dan voor hoger frequente componenten³⁸. Laagfrequente componenten dringen dus relatief veel sterker tot een slaapkamer door dan hoger frequente componenten. Dat impliceert dat *bbv* (dat het verschil is tussen buiten en binnen van de maximum A-gewogen geluidniveaus die vooral hoogfrequente componenten bevatten) geen goede maat is om de geluidwering van de gevel voor laagfrequent geluid in uit te drukken. Bovenstaande betekent dus dat er in het laagfrequente domein op locaties met wegverkeer een ruimtelijk tamelijk uniforme verdeling van het geluid lijkt te zijn dat relatief sterk in de slaapkamer doordringt.

Om de lagere geluidniveaus buiten te karakteriseren hebben we voor elke locatie de drie percentages van de *Lbu_1s* waarden bepaald die 40, 45 en 50 dB(A) niet overschrijden (respectievelijk *p40db*, *p45db*, en *p50db*). Voor 40 dB(A) (*p40db*) is dit globaal (zie figuur 3.3) voor de snelweglocaties 2,5%, voor de locaties bij de lokale en provinciale wegen 20%, voor de railverkeerslocaties 42%, en voor de referentie-locaties 57%. Hoewel de waarde van *p40db* op een locatie bepaald is voor de plaats waar de buitenmeter op die locatie is opgesteld, verwachten we dat de verkregen waarde representatief is voor de gehele locatie, omdat *p40db* waarschijnlijk vooral bepaald is door gereflecteerd laagfrequent verkeersgeluid dat op de gehele locatie ongeveer dezelfde geluidssterkte heeft.

In de akoestiek is het gebruikelijk om achtergrondniveaus te karakteriseren met de waarde van het geluidniveau dat een bepaald percentage van de tijd wordt

overschreden, zoals L_{95} (geluidniveau dat door 95% van de meetwaarden wordt overschreden) en L_{90} (geluidniveau dat door 90% van de meetwaarden wordt overschreden). Voor de modellen waarin p_{40db} een rol blijkt te spelen, hebben we de analyses ook uitgevoerd met L_{95} , L_{90} , L_{60} , en L_{50} in plaats van p_{40db} als variabele. In figuur 3.4 is de relatie tussen p_{40db} en L_{90} gegeven.



Figuur 3.4 De relatie tussen p_{40db} en L_{90} , meetwaarden en het resultaat van een regressieanalyse met (de logaritmische van) p_{40db} als onafhankelijke variabele. De regressievergelijking is: $L_{90} = 48,04 - 8,45 \cdot \log(p_{40db})$. De correlatiecoëfficiënt is $-0,97$.

3.4 Expositie-effectrelaties en invloed van andere factoren

3.4.1 Algemeen

Allereerst hebben we met behulp van een lineair regressiemodel per tijdschaal nagegaan of er (statistisch significante) relaties zijn tussen een effectvariabele en een maat voor de expositie aan nachtelijk weg- of railverkeersgeluid. Daarbij gebruiken we de volgende formule voor een niet-binaire effectvariabele^a:

$$E = c + a \cdot L$$

met E de verwachte waarde van de effectvariabele bij een gekozen waarde van L , L de geluidsbelastingsvariabele, c een constante en a de coëfficiënt van L (de regressiecoëfficiënt; in een figuur de helling van de regressielijn). Daarbij zijn a en c zo berekend dat de vergelijking voldoet aan het zogenoemde kleinstekwadraten criterium (dit betekent dat de som van de kwadraten van een verschil tussen verwachte waarde en waargenomen waarde zo klein mogelijk is)^{39,40}.

Nadat er een (statistisch significante) relatie is vastgesteld tussen een geluidsbelastingsvariabele en een effectvariabele hebben we nagegaan of er variabelen zijn die naast de geluidsblootstelling ook invloed hebben op het effect of de relatie. Andere variabelen kunnen op de volgende wijzen het effect of de relatie al dan niet beïnvloeden:

- er is geen invloed van een bepaalde andere variabele (V). Dat wordt nagegaan door aan de eerdere vergelijking een term $d \cdot V$ toe te voegen en na te gaan of 'd' statistisch significant afwijkt van 0. Als dat niet het geval is, is er geen invloed van de variabele V . Stel dat V het geslacht van deelnemers is en de coëfficiënt van V niet statistisch significant afwijkt van 0, dan geldt voor mannen en vrouwen dezelfde relatie
- er is invloed van een bepaalde andere variabele. Dat is het geval als 'd' statistisch significant afwijkt van 0. V noemen we een additionele variabele. Bijvoorbeeld,

^a Voor binaire effectvariabelen zijn logistische regressiemodellen gebruikt met de volgende vorm: $\text{logit}(E) = \ln(p(E)/(1-p(E))) = c + a \cdot L$, met $p(E)$ de kans dat de binaire variabele de waarde 1 heeft.

stel dat geslacht een additionele variabele is voor de relatie tussen nachtelijke geluidhinder en de mate van verkeersgeluid. Dan is er dus een verschil in nachtelijke hinder door verkeersgeluid tussen mannen en vrouwen bij dezelfde geluidsbelasting. Geslacht wordt dan een additionele variabele van nachtelijke hinder door verkeersgeluid genoemd

- de andere variabele heeft invloed op het verband tussen blootstelling en effect, dat wil zeggen er is een interactie tussen geluidsblootstelling en de andere factor. Dat wordt nagegaan door aan de eerdere vergelijking een term $g*V*L$ toe te voegen en na te gaan of 'g' statistisch significant van 0 afwijkt. Is dat het geval, dan is V een effectmodificerende variabele. Een voorbeeld kan geslacht zijn. Bijvoorbeeld, stel er is een verschil is tussen mannen en vrouwen in het aantal maal dat men zich herinnert wakker te zijn geworden door verkeersgeluid en dit verschil neemt toe met het geluidniveau L, dan is geslacht voor deze relatie een effectmodificerende variabele
- de andere variabele is een versturende variabele (confounder). Van een versturende variabele is sprake als de variabele een relatie met de geluidsbelastingsvariabele heeft, de variabele de effectvariabele beïnvloedt, en de variabele geen factor in de oorzaak-gevolg keten van geluidsbelastingsvariabele en effectvariabele is. In het voorkomende geval hebben we getracht het effect van de verstoring op de expositie-effectrelatie te schatten.

De relatie tussen een momentane effectvariabele (bijvoorbeeld motiliteit in een 15-s interval) en een geluidsbelastingsvariabele (bijvoorbeeld het maximum geluidniveau van een verkeerspassage) hebben we als volgt bepaald. Allereerst hebben we een model berekend voor het verband tussen de effectvariabele in de 15-s intervallen van de effectbeoordelings-intervallen en de geluidsbelastingsvariabele, met de tijd van de verkeerspassage na inslapen als additionele variabele. Tevens hebben we een model berekend voor het verband tussen de effectvariabele in de 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelingsinterval behoren en de tijd na inslapen. Om het *effect door verkeersgeluid* als functie van de geluidsbelastingsvariabele te bepalen, hebben we beide modellen vergeleken en bij een waarde van de geluidsbelastingsvariabele, van de effectwaarde tijdens effectbeoordelings-intervallen de effectwaarde afgetrokken die voorspeld is voor dezelfde tijd na inslapen tijdens de intervallen die niet tot het effectbeoordelings-intervallen behoren. Dit levert de *geschatte toename in de effectvariabele* voor de gekozen waarde van de geluidsbelastingsvariabele tijdens de momentane blootstelling aan het geluid van (luidere) verkeerspassages. Al dan niet motiliteit in een 15-s interval is een binaire effectvariabele. Dan spreken we in plaats van over toename in de effectvariabele over *extra kans op (het optreden van) een effect*. Door de gelijktijdigheid van blootstelling en toename in effect is het plausibel dat de toename in effect (extra kans op effect) is veroorzaakt door de blootstelling.

3.4.2 *Mogelijke additionele, effectmodificerende en versturende variabelen in de analyses*

Variabelen waarvan we op alle drie tijdschalen (momentaan, over een etmaal, langere termijn) hebben nagegaan of ze van invloed zijn op de effecten en blootstelling-effectrelaties zijn de volgende variabelen uit de vragenlijst^a:

- demografische variabelen: geslacht, leeftijd, leeftijd*leeftijd, combinatie van leeftijd en leeftijd*leeftijd, burgerlijke staat, aantal leden van de huishouding, aantal kinderen jonger dan vier jaar, opleidingsniveau, positie op de arbeidsmarkt

^a In analyses met variabelen van de hartslag als effectvariabelen hebben we tevens de BMI (Body Mass Index, gewicht/(lengte*lengte) ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)) als mogelijke additionele variabele meegenomen.

- situatie-gebonden variabelen: situatie van de slaapkamer ten opzichte van de bron, aantal jaar wonen in huidige buurt, aantal jaar wonen in huidige huis
- persoonlijke kenmerken: gebruik van een slaapmiddel of medicijn die van invloed zijn op inslapen en/of slaapdiepte, gebruik van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen, gegevens uit de Utrechtse Coping Lijst (de kenmerken actief zijn, steun zoeken, en afwachten), geluidsgevoeligheid
- soort geluidbron, ingedeeld in twee categorieën wegverkeersgeluid en railverkeersgeluid en ingedeeld in drie categorieën, geluid van lokaal en provinciaal wegverkeer, geluid van snelwegverkeer en geluid van railverkeer.

Op het niveau van een etmaal (één slaapperiode) hebben we daaraan toegevoegd de variabelen uit het ochtend- en avondlogboekje: stand van het raam bij het slapen gaan, en wakker door snurken van de partner.

We herhalen niet in elke paragraaf dat we de bovenstaande variabelen bij de analyses hebben betrokken. De statistisch significante additionele variabelen noemen we wel. Ook vermelden we het effect van bron, omdat dat één van de vraagstellingen van het onderzoek is.

3.4.3 *Uitkomsten analyses met buiten gemeten geluidsbelastingen*

We hebben geen statistisch significante relatie tussen effectvariabelen en *buiten* gemeten geluidsbelastingen kunnen vaststellen. Ook als bron en/of geslacht als mogelijke additionele variabelen worden ingevoerd zijn er met de buitenwaarden geen statistisch significante relaties. Dat is ook niet verwonderlijk, want de buitenmeter was niet op een gestandaardiseerde wijze geplaatst ten opzichte van de slaapkamers van de deelnemers^a, waardoor er bij dezelfde geluidsbelasting buiten een grote spreiding in de binnenwaarden bleek te zijn. We herhalen niet in elke paragraaf de afwezigheid van statistisch significante relaties tussen effectvariabelen en *buiten* gemeten geluidsbelastingen. Wel hebben we de diverse *buiten* gemeten geluidsbelastingen gedefinieerd en in de overzichten opgenomen, omdat een aantal geluidsbelastingen in de slaapkamer van de buitenwaarden is afgeleid. De buitenmeter in het huidige onderzoek was niet op een eenduidige wijze ten opzichte van de gevels van de betrokken woningen geplaatst. Hoewel de plaats van de buitenmeter van belang is voor zowel de waarde van *Lbu_bron_sleep* als voor de waarde van *bbv*, is de plaats van de buitenmeter globaal van geen belang voor *Lbi_bron_sleep* (*Lbu_bron* buiten – *bbv*).

3.4.4 *Statistische informatie*

In de hoofdtekst geven we vrijwel geen statistische informatie. Voor de statistische informatie verwijzen we naar de desbetreffende bijlagen. Uitzondering daarop vormen de onderwerpen, die we niet in de bijlagen behandeld hebben. Dit betreft onderdeel 7.4 en hoofdstuk 8. Daarin zijn de statistische gegevens ondergebracht in voetnoten. Tevens bevat tabel 8.1 statistische informatie.

Alle in de hoofdtekst gepresenteerde modellen hebben coëfficiënten van de onafhankelijke en additionele variabelen die statistisch significant zijn. Als het modellen betreft waarin het om meer dan één waarneming per deelnemer gaat (bijvoorbeeld zes waarnemingen van de gemiddelde motiliteit over een slaapperiode

^a De buitenmeter in het huidige onderzoek was niet op een eenduidige wijze ten opzichte van de gevels van de betrokken woningen geplaatst. Hoewel de plaats van de buitenmeter van belang is voor zowel de waarde van *de buiten gemeten geluidsbelasting door het brongeluid* als voor de waarde van *bbv*, is de plaats van de buitenmeter globaal van geen belang voor het verschil tussen *de buiten gemeten geluidsbelasting door het brongeluid* en *bbv*.

van een deelnemer), hebben we multilevel-analyses uitgevoerd met deelnemer als random factor.

In de tekst geven we soms aan dat de relatie van een effectvariabele met een geluidsbelastingsvariabele (A) sterker is dan die met een andere geluidsbelastingsvariabele (B). Daarmee bedoelen we dat de effectvariabele over het geluidsbelastingsbereik van A meer verandert in de volgens de hypothese verwachte richting dan over het geluidsbelastingsbereik van B.

De statistische analyses op etmaalniveau en over zes dagen geaggregeerd niveau hebben we uitgevoerd met SPSS14; de analyses op momentaan niveau zijn uitgevoerd in S+.

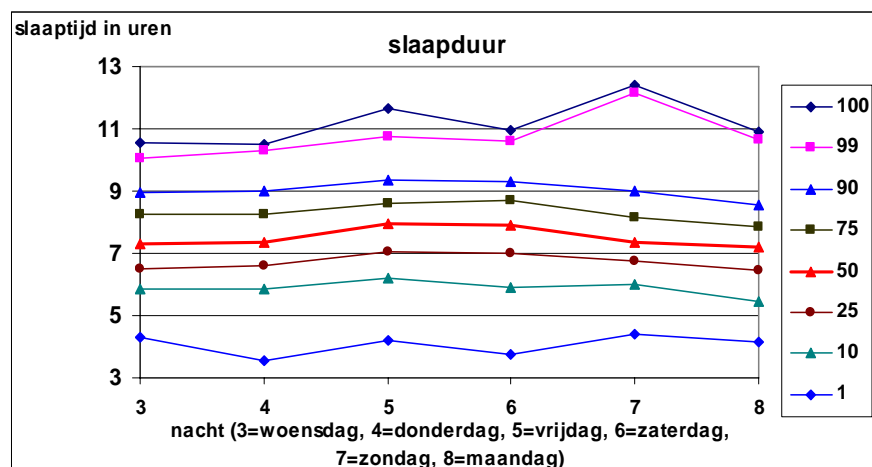
4 Algemene gegevens

In dit hoofdstuk presenteren we gegevens over de slaaptijden van de deelnemers en over de hartslag en motiliteit als functie van het tijdstip na inslapen.

4.1 Slaaptijd

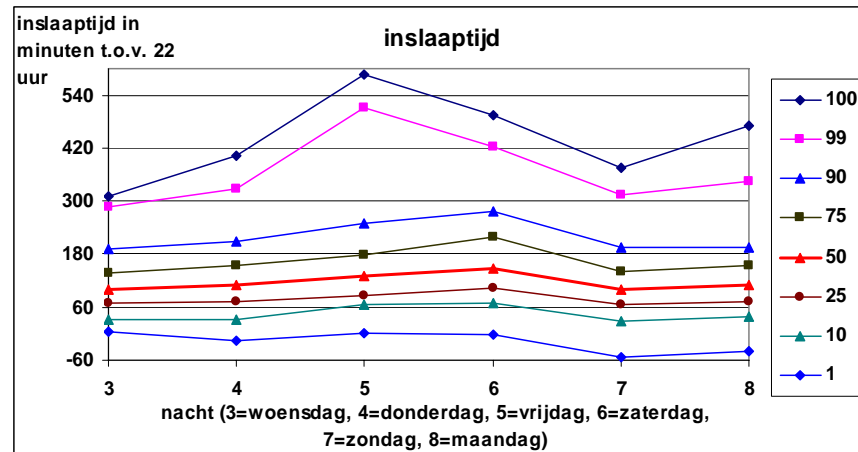
Het tijdstip waarop deelnemers begonnen zijn om te trachten in te slapen en het tijdstip waarop ze wakker werden voordat ze opstonden hebben zij beide aangegeven door twee maal op de marker te drukken. Het tijdstip waarop de deelnemer in slaap viel, hebben we bepaald uit de actimetriscie gegevens. Volgens de internationaal gangbare conventie hebben we vanaf het tijdstip dat een deelnemer begonnen is met te trachten in te slapen (twee maal op de marker drukken) in het actigram gezocht naar de eerste periode van 10 minuten (40 15-s intervallen), waarin ten hoogste één 15-s interval voorkwam met (geringe) motiliteit. Het tijdstip van inslapen is gelijk genomen aan het begin van het 21-ste 15-s interval van de genoemde periode. De duur van de inslaaperiode is dus altijd tenminste 5 minuten. Het tijdstip van wakker worden is gelijk genomen aan het begin van het 21-ste 15-s interval van de laatste tien minuten zonder motiliteit vóór het twee maal indrukken van de marker aan het eind van de slaap. De slaapduur is het verschil tussen ontwaaktijd en inslaaptijd. Van een gering aantal deelnemers konden we één nacht geen slaaptijd bepalen, omdat die deelnemers in de loop van de avond de actimeter afgedaan hadden en pas weer om na ontwaken de volgende ochtend of middag.

In figuur 4.1 is per onderzoeksnacht (woensdagnacht = 3; donderdagnacht = 4 etc.) de verdeling van de slaapduur van alle deelnemers (in uren) gegeven. De mediaan (50, er ligt net 50 % van de waarden van de slaapduur onder de voor een nacht aangegeven waarde) varieert van 7 uur en 15 minuten op nachten die voorafgaan aan werkdagen (woensdag-, donderdag-, zondag-, en maandagnacht) tot bijna 8 uur op nachten die voorafgaan aan weekenddagen (vrijdag- en zaterdagnacht). De minimale slaapduur (aangegeven met 1, er ligt 1% onder de voor een nacht aangegeven waarde) ligt op ongeveer 4 uur en de maximale slaapduur (aangegeven met 100, alle waarden van de slaapduur ten hoogste zo lang) varieert van 10,5 tot 12,5 uur.



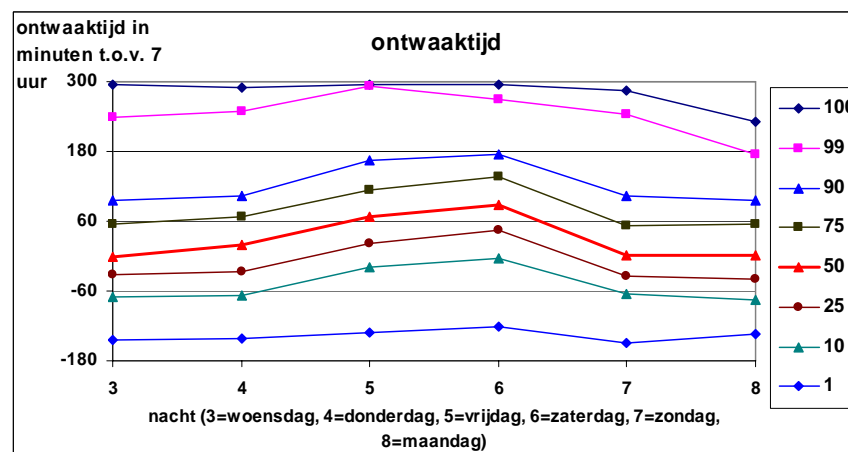
Figuur 4.1 De verdeling in procenten (1 tot 100) van de duur van de slaaperiodes van de deelnemers per onderzoeksnacht.

In figuur 4.2 en 4.3 zijn de inslaaptijd en de ontwaaktijd gegeven. De inslaaptijd is gegeven in minuten ten opzichte van 10 uur 's avonds: -60 betekent dus 9 uur 's avonds en 180 1 uur 's nachts. De ontwaaktijd is gegeven in minuten ten opzichte van 7 uur 's morgens.



Figuur 4.2 De verdeling van de inslaaptijd van de deelnemers per onderzoeksnacht.

De mediane inslaaptijd (50, 50% ligt er net onder) ligt op de nachten voorafgaand aan werkdagen op kwart voor twaalf 's avonds en voorafgaand aan weekenddagen op kwart over twaalf 's nachts. Tien procent van de deelnemers slaapt op de avonden voorafgaand aan werkdagen om half tien 's avonds en op avonden voorafgaand aan weekenddagen om 10 uur 's avonds. In tegenstelling hiermee slaapt één procent van de deelnemers op de avonden voorafgaand aan werkdagen na 3 uur 's nachts en op nachten voorafgaand aan weekenddagen na 5 uur 's ochtends.



Figuur 4.3 De verdeling van de ontwaaktijden per onderzoeksnacht.

De mediane ontwaaktijd (50 in figuur 4.3) op de ochtenden van werkdagen ligt op zeven uur en op de ochtenden van het weekend op acht uur (zaterdagmorgen) en half negen (op zondagmorgen). Tien procent van de deelnemers ontwaakt op de ochtenden van werkdagen vóór tien voor zes en op de ochtenden van het weekend vóór tien voor zeven. Eén procent van de deelnemers ontwaakt op werkdagen op kwart voor elf en op weekenddagen na kwart voor twaalf.

Er is enig verschil tussen mannen en vrouwen wat betreft slaapduur, inslaaptijd en ontwaaktijd. De gegevens staan in tabel 4.1, uitgesplitst naar leeftijd. Gemiddeld

slapen vrouwen bijna een half uur (26 minuten) langer dan mannen, vooral doordat de inslaaptijd van vrouwen (23 minuten) eerder ligt dan die van mannen. Bij de drie oudere leeftijdsgroepen is het verschil tussen mannen en vrouwen op weekdays en weekends vrijwel gelijk; bij de jongste leeftijdsgroep ligt de inslaaptijd van de mannen vóór weekenddagen bijna een uur later dan die van de vrouwen en vóór weekdays ruim een half uur later.

Tabel 4.1 Verschil tussen slaapduur, inslaaptijd en ontwaaktijd van mannen en vrouwen.

leeftijd in klassen	verschil (in minuten) in slaapkenmerk van mannen en vrouwen (kenmerk man – kenmerk vrouw)		
	slaapduur	inslaaptijd	ontwaaktijd
ten hoogste 30 jaar	-42	43	2
31 – 45 jaar	-19	17	-2
46 – 60 jaar	-37	24	-13
ten minste 61 jaar	-14	12	-2
gemiddeld	-26	23	-3

4.2 Inslaaperiode

Het tijdstip waarop deelnemers begonnen zijn om te trachten in te slapen (start inslaaperiode) hebben zij aangegeven door twee maal op de marker te drukken. Met behulp van de vraag in het ochtendlogboekje of ze dat tijdstip correct of incorrect (en daarbij hoeveel minuten incorrect) hebben aangegeven, hebben we eventuele correcties op genoemd tijdstip aangebracht. Soms heeft een deelnemer de marker niet ingedrukt. Dan hebben we gebruik gemaakt van het antwoord op de vraag in het ochtendlogboekje hoe laat de deelnemer ging slapen. Als dat ook niet was ingevuld, hebben we geen start van de periode van inslapen kunnen vaststellen.

Hoe we het tijdstip waarop de deelnemer in slaap viel (einde inslaaperiode) hebben bepaald is in de vorige paragraaf uiteengezet. De duur van de inslaaperiode (ook wel slaaplantentieperiode genoemd) is het verschil tussen het einde en de start van de inslaaperiode. In tabel 4.2 hebben we de cumulatieve verdeling van de duur van de inslaaperiode gegeven. Deze verdeling berust op 1532 van de 1572 mogelijke waarnemingen.

Uit tabel 4.2 blijkt dat de mediane waarde van de inslaaptijd 13 minuten is; een kwart van de inslaaperiodes is niet langer dan 7 minuten en een kwart is langer dan 22 minuten. De duur van de inslaaperiode is niet afhankelijk van het geslacht en de leeftijd van de deelnemer. Ook is er geen statistisch significant verschil tussen de duur van de inslaaperiode op weekdays en die op weekenddagen.

Tabel 4.2 Cumulatieve verdeling van de duur van de inslaapperiode.

cumulatief percentage	duur van de inslaapperiode in minuten
1	5,0
5	5,3
10	5,5
20	6,3
30	7,5
40	10,0
50	12,9
60	15,5
70	19,5
80	25,5
90	36,5
95	50,4
99	101,5

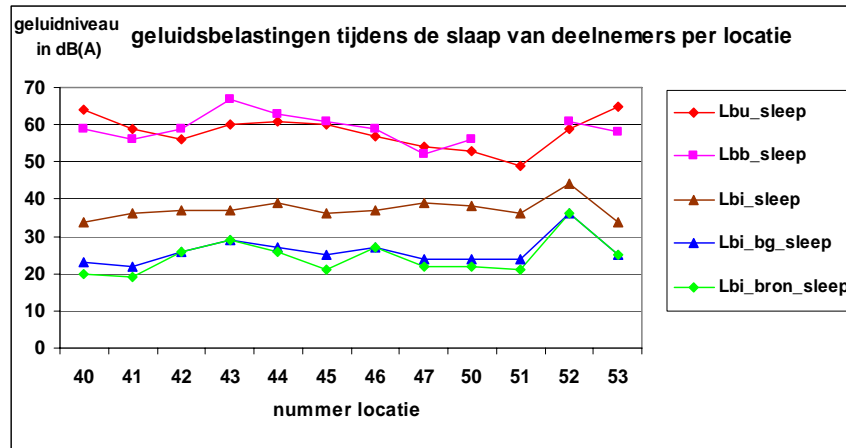
4.3 Geluidsbelasting

In de Nederlandse en EU milieuregelgeving op het gebied van geluid wordt de geluidsbelasting gedurende de nacht gekenmerkt met het jaargemiddelde equivalente geluidniveau over de periode van 23 tot 7 uur (*L_{night}*). In tabel 4.3 hebben we per locatie *L_{bu_sleep}* en *L_{Aeq,23-07h}* gegeven, met *L_{Aeq,23-07h}* berekend op basis van *L_{bu_1s}* gedurende de zes perioden van 23 uur tot 7 uur. Het gemiddeld verschil tussen *L_{Aeq,23-07h}* en *L_{bu_sleep}* over alle locaties is +0,16 dB(A). Er is geen verschil tussen weg- en railverkeerslocaties.

Tabel 4.3 *L_{Aeq,23-07h}* en *L_{bu_sleep}* per locatie en het verschil tussen beide expositiematen.

locatie	gegevens geluidsbelasting (in dB(A))		
	<i>L_{Aeq,23-07h}</i>	<i>L_{bu_sleep}</i>	<i>L_{Aeq,23-07h} - L_{bu_sleep}</i>
40	63,7	63,8	-0,1
41	59,1	58,8	0,4
42	55,2	55,7	-0,5
43	59,2	59,7	-0,5
44	60,5	60,6	-0,1
45	58,4	59,5	-1,1
46	56,9	56,7	0,2
47	53,7	53,9	-0,2
50	56,0	53,0	3,0
51	49,4	49,3	0,1
52	58,2	57,7	0,5
53	64,7	64,6	0,1

Om een indruk te geven van de geluidsbelastingen op de diverse locaties hebben we voor de over zes nachten geaggregeerde geluidsbelastingen (*Lbu_sleep*, *Lbb_sleep*, *Lbi_sleep*, *Lbi_bron_sleep*, *Lbi_bg_sleep*) de individuele geluidsbelastingen gemiddeld over alle deelnemers per locatie. In figuur 4.4 zijn per locatie de resultaten gegeven. Gemiddeld is er weinig verschil tussen *Lbu_sleep* en *Lbb_sleep*. Ook het verschil tussen *Lbi_bron_sleep* en *Lbi_bg_sleep* is gemiddeld gering. Op alle locaties ligt *Lbi_sleep* zo'n 10 dB(A) boven *Lbi_bron_sleep* en *Lbi_bg_sleep*.



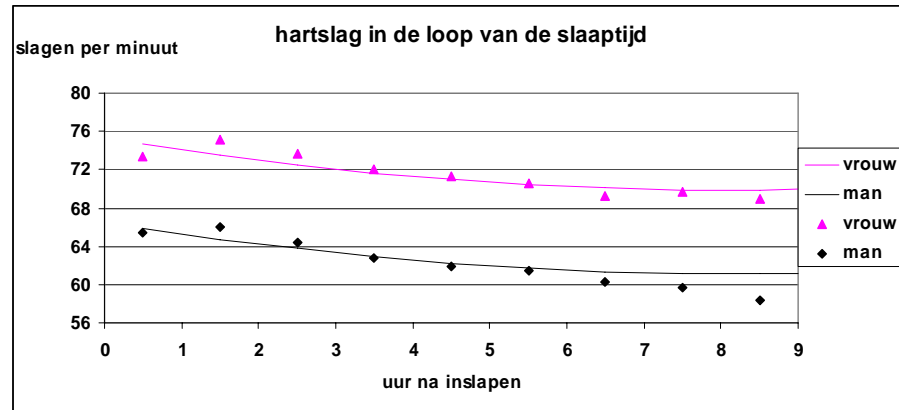
Figuur 4.4 De in het rapport gebruikte vijf expositiematen over de zes slaaperiodes van deelnemers per locatie. *Lbb_sleep* op locatie 51 ontbreekt, omdat het op die locatie niet mogelijk was om een binnenmeter buiten te plaatsen.

4.4 Hartslag gedurende de slaaperiodes

In totaal hebben 36 deelnemers meegedaan aan de hartslagmetingen, 22 op de wegverkeerslocaties 45, 46, en 47, en 14 op de vier railverkeerslocaties (zie tabel 2.2) en dat heeft in totaal over 174 nachten opnames over de gehele of vrijwel de gehele slaaperiode van de deelnemers opgeleverd. Het betreft 108 nachten van deelnemers op de wegverkeerslocaties en 66 nachten van deelnemers op de railverkeerslocaties. Van 2 andere deelnemers aan het hartslagonderzoek, waarvan er één op locatie 45 woonde en één op locatie 50, werden ten behoeve van dit rapport geen meetresultaten geanalyseerd omdat pas in een heel laat stadium bleek dat de tijden van de opnames incorrect waren ingevoerd, waardoor geen matching van slaaperiode en opnameperiode heeft plaatsgevonden.

In het volgende geven we de gemiddelde hartslag als functie van de tijd na inslapen. Voor elk van de deelnemers is per uur na inslapen de gemiddelde hartslag bepaald. Vervolgens zijn analyses uitgevoerd met behulp van een multilevel-regressiemodel met deelnemer als random factor, gemiddelde hartslag als afhankelijke variabele, tijdstip na inslapen als onafhankelijke variabele, waarbij geslacht additionele variabele bleek te zijn. Bij het bepalen van de wijze waarop de hartslag afhangt van het tijdstip na inslapen hebben we diverse modellen beschouwd: hartslag als lineaire functie van tijd na inslapen, als combinatie van een kwadratische en lineaire term, als een kwadratische functie, en als een logaritmische functie. De combinatie van een lineaire en kwadratische term bleek de relatie het beste weer te geven. Het resultaat is gegeven in figuur 4.5. Een functie die een combinatie is van een lineaire en kwadratische term heeft een minimum of een maximum. Als het minimum of het maximum buiten het domein ligt is er een randminimum of een randmaximum. De curven in figuur 4.5 hebben een minimum en dit minimum ligt op 8 uur en 10 minuten.

In figuur 4.5 zijn tevens de over de deelnemers uit de meetresultaten berekende gemiddelde hartslagen voor elk uur na inslapen weergegeven. Leeftijd en bron (wegverkeer en railverkeer) hebben geen invloed op de voorspelde hartslag. De deelnemers hebben tijdens de slaap gemiddeld een snellere hartslag dan mannen. Het verschil is 9 slagen per minuut.

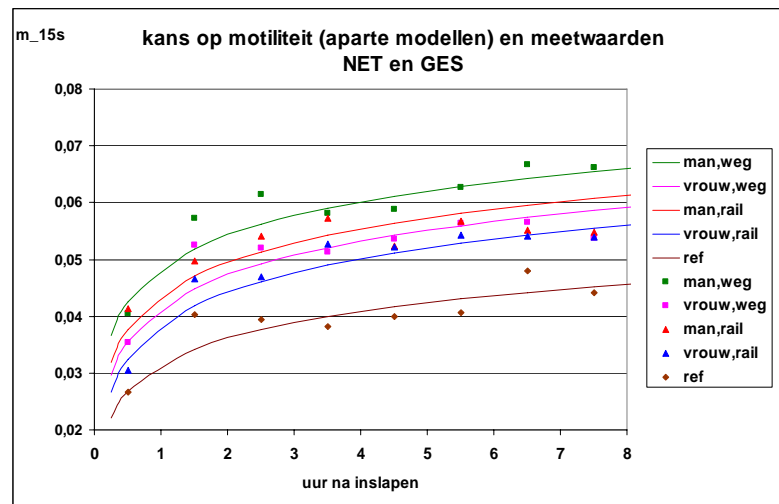


Figuur 4.5 De voorspelde hartslagfrequentie (getrokken curven) in de loop van de slaapperiode voor mannen en vrouwen apart. De afzonderlijke punten zijn de uit de gegevens berekende gemiddelde hartslagfrequenties.

4.5 Motiliteit gedurende de slaapperiodes

In het volgende geven we de motiliteit als functie van de tijd na inslapen. Daarvoor gebruiken we de gegevens over motiliteit uit het huidige onderzoek en gegevens uit het slaapverstoringsonderzoek in de omgeving van Schiphol, uitgevoerd in het GES-onderzoeksprogramma (in dit rapport aangegeven met ref of referentie). Voor elk van de deelnemers en voor de deelnemers op de referentie-locaties van het GES-onderzoek is per uur de gemiddelde motiliteit bepaald. De bestanden zijn gesplitst naar bron (weg, rail, ref). Het betreft dus drie aparte modellen. Vervolgens zijn analyses uitgevoerd met behulp van een multilevel-model met deelnemer als random factor, tijd na inslapen als onafhankelijke variabele, gemiddelde motiliteit als afhankelijke variabele, waarbij geslacht in twee van de drie modellen additionele variabele bleek te zijn^a. Bij het bepalen van de wijze waarop de kans op motiliteit afhangt van het tijdstip na inslapen hebben we diverse modellen beschouwd: kans op motiliteit als lineaire functie van tijd na inslapen, als combinatie van een kwadratische en lineaire functie, als een kwadratische functie, en als een logaritmische functie. De logaritmische functie bleek de relatie het beste weer te geven. Het resultaat is gegeven in figuur 4.6. In de figuur is tevens de over de deelnemers uit de meetresultaten berekende gemiddelde motiliteit per uur weergegeven.

^a Bij de analyse van de gegevens uit het GES-onderzoek bleek, in overeenstemming met eerder gepubliceerde gegevens, geen verschil in motiliteit tussen mannen en vrouwen.



Figuur 4.6 De voorspelde gemiddelde motiliteit in 15-s intervallen (m_{15s}) als functie van de tijd na inslapen voor het huidige weg- en railverkeersgeluidsonderzoek (NET) en voor de referentie-locaties (ref) uit het GES onderzoek. De afzonderlijke punten zijn de uit de waarnemingen berekende gemiddelden.

In tabel 4.4 hebben we de gegevens over de coëfficiënten opgenomen.

Tabel 4.4 Coëfficiënten van de vergelijking $m_{15s} = c + a \cdot (10 \lg t) + b \cdot \text{geslacht}$. Tijd t in uren. Dummy variabele geslacht: man = 1, vrouw = 0.

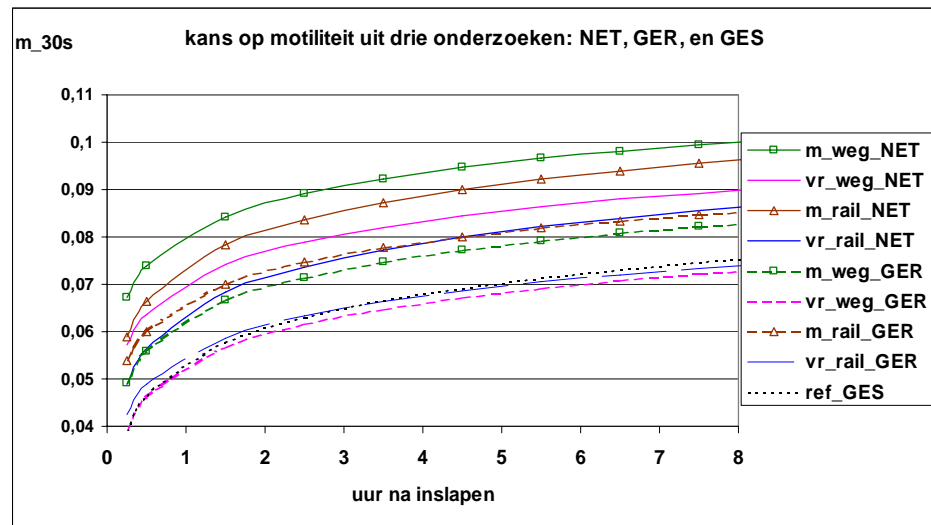
coëfficiënt	type geluidsbron		
	wegverkeer	railverkeer	referentie
c	0,0415	0,0384	0,0315
a	0,0196	0,0196	0,0157
b	0,0070	0,0052	

Hoewel het aparte modellen betreft, valt op dat voor wegverkeer en railverkeer de hellingen van de regressielijn (coëfficiënt a) gelijk zijn. Het gemiddelde verschil tussen mannen en vrouwen (0,007 en 0,005) is groter dan het gemiddelde verschil tussen weg- en railverkeerslocaties (0,003).

We hebben ook de gegevens over motiliteit uit een omvangrijk Duits onderzoek naar slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid^{22,41} bewerkt (zie bijlage E). In het Duitse onderzoek (aangegeven met GER-onderzoek) is motiliteit bepaald in 30-s intervallen. Daarom is uit de gegevens uit het huidige onderzoek en die uit de originele GES-data over de referentie-locaties, waarin motiliteit in 15-s intervallen is gemeten, de motiliteit in 30-s intervallen berekend.

In figuur 4.7 zijn de resultaten uit de drie onderzoeken (huidig onderzoek NET, GES-onderzoek, GER-onderzoek) vergeleken. Er zijn vijf aparte modellen opgesteld: voor wegverkeer in het huidige onderzoek, voor railverkeer in het huidige onderzoek, voor wegverkeer in het GER-onderzoek, voor railverkeer in het GER-onderzoek en voor de referentie-locaties uit het GES-onderzoek. Vergelijking van de figuren 4.6 en 4.7 illustreert dat de kans op motiliteit in 30-s intervallen groter is dan de kans op motiliteit in 15-s intervallen.^a

^a Uit de gegevens van het huidige onderzoek blijkt dat de gemiddelde motiliteit in 30-s intervallen gelijk is aan 0,0837 (aantal waarnemingen 1,385 miljoen) en de gemiddelde motiliteit in 15-s intervallen gelijk aan 0,0536 (aantal waarnemingen 2,774 miljoen). Dit is een verhouding van 1,564.



Figuur 4.7 Voorspelde kans op motiliteit (in 30-s intervallen) als functie van de tijd na inslapen voor het Duitse weg- en railverkeersonderzoek (GER), het huidige onderzoek (NET) en voor de referentie-locaties uit het GES-onderzoek (GES).

De curve voor de referentie-locaties (dezelfde voor mannen en vrouwen) en voor vrouwen (rail en weg) uit het Duitse onderzoek vallen bijna samen, terwijl de curven voor vrouwen uit het huidige onderzoek daar aanzienlijk boven liggen. Ook is er een aanzienlijk verschil tussen de resultaten voor mannen uit het huidige en het Duitse onderzoek, zowel voor blootstelling aan wegverkeersgeluid als aan railverkeersgeluid. Na afloop van de analyses en het opstellen van expositie-effectrelaties zullen we deze verschillen verklaren.

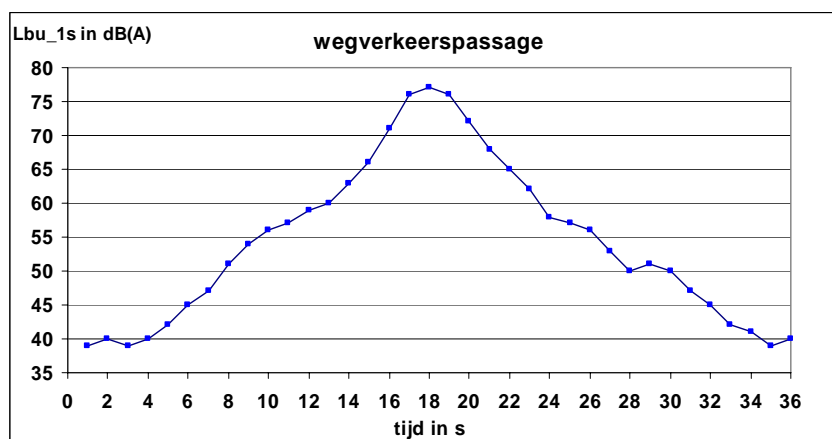
5 Momentane effecten van geluid tijdens verkeerspassages

5.1 Inleiding

De analyses van momentane effectvariabelen hebben we beperkt tot de stillere perioden gedurende de nacht (van 0 tot 4 uur op nachten waarop werkdagen volgen en van 1 tot 5 uur op nachten waarop weekenddagen volgen). De meeste wegverkeerslocaties zijn zo gekozen dat er buiten de stillere perioden een grote overlap van voertuigpassages is en de passages niet onderscheiden kunnen worden. Dit geldt in het geval van snelwegverkeer ook reeds voor de gekozen stillere perioden.

Wat de onderzoeksperiode per deelnemersnacht betreft, hebben we ons ook beperkt tot de slaapperiode van de deelnemer. Als een deelnemer later is gaan slapen dan de aanvangstijd van de analyses, dan is zijn observatieperiode korter dan vier uur geweest. Dat geldt voor ongeveer 40% van de deelnemersnachten. Er waren slechts drie deelnemersnachten waarop de slaapperiode geëindigd was voor het einde van de analysetijd. In de analyses wordt de tijd gekenmerkt met de tijd na inslapen. Vanaf inslapen hebben we aan een 15-s interval een volgordenummer x toegekend. Als bijvoorbeeld x gelijk is aan 241, dan betreft het het 15-s interval dat na één uur slapen van een deelnemer begint. In de momentane analyses ligt 5% tot 95% van de waarden van x tussen 100 en 1100 (van 25 minuten tot 4 uur en 35 minuten na het begin van de slaapperiode) en is gemiddeld 600 (2,5 uur na inslapen).

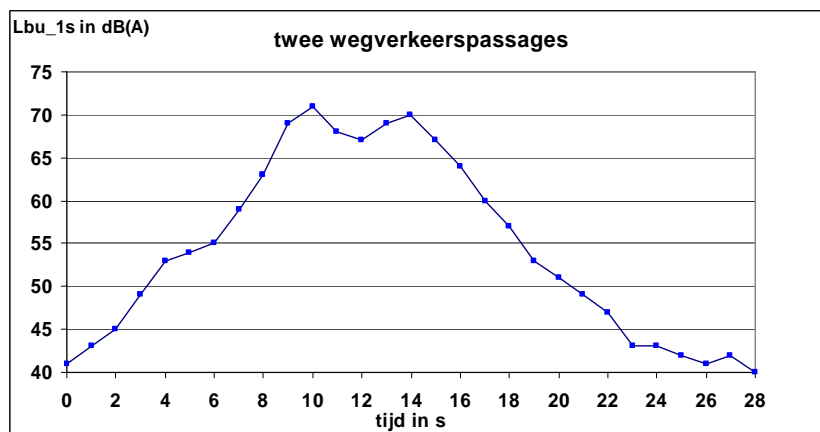
In deze inleiding geven we allereerst een indruk van de akoestische vorm van weg- en railverkeerspassages buiten, zoals vastgelegd op de buitenmeter. In figuur 5.1 is het geluidniveau (L_{bu_1s}) tijdens een passage van een wegvoertuig grafisch weergegeven. Het betreft een luide passage (vrachtwagen) op een provinciale weg met een *maximum geluidniveau buiten* van 77 dB(A). Het *momentane achtergrondgeluidniveau buiten* is ongeveer 40 dB(A) en de *SEL buiten* (tussen de twee – 10 dB(A)-punten; zie bijlage A) is 82 dB(A). L_{bu_1s} neemt vrijwel lineair toe van ongeveer 40 dB(A) tot 77 dB(A) en daarna vrijwel lineair af van 77 dB(A) tot 40 dB(A). Het is een geïsoleerd voorkomende verkeerspassage. De *duur* van de passage (tussen de twee – 10 dB(A)-punten) is 6 s. De periode waarover we naar acute effecten van deze passage op de deelnemers kijken (het *effectbeoordelings-interval*) ligt van 0 tot 45 s: het 15-s interval waarin de passage op de buitenmeter binnen de twee – 10 dB(A)-punten ligt, het 15-s interval daarvoor en het 15-s interval erna. Minder luide geïsoleerde wegverkeerspassages hebben een zelfde vorm als die in figuur 5.1. Meestal ligt het momentane achtergrondniveau lager dan 40 dB(A), en soms iets hoger (in het geval van snelwegverkeer).



Figuur 5.1 Een geïsoleerde wegverkeerspassage. $L_{max_bu} = 77$ dB(A), $SEL_{bu} = 82$ dB(A).

Soms is er een gedeeltelijke overlap van verkeerspassages. Dat is voor twee wegverkeerspassages geïllustreerd in figuur 5.2. De eerste passage heeft een maximum geluidniveau van 71 dB(A), de tweede passage van 70 dB(A). Het minimum tussen de beide passages is 67 dB(A). In het geval dat het minimum minder dan 10 dB(A) ligt onder het hoogste maximum – hetgeen in dit voorbeeld het geval is – nemen we in de analyses de beide passages samen en bepalen van de samengenomen passages het *maximum geluidniveau*, de *SEL*, de *duur*, en het *effectbeoordelings-interval*. De duur van de samengenomen passages is 9 s; het *effectbeoordelings-interval* ligt tussen -15 s en 45 s.

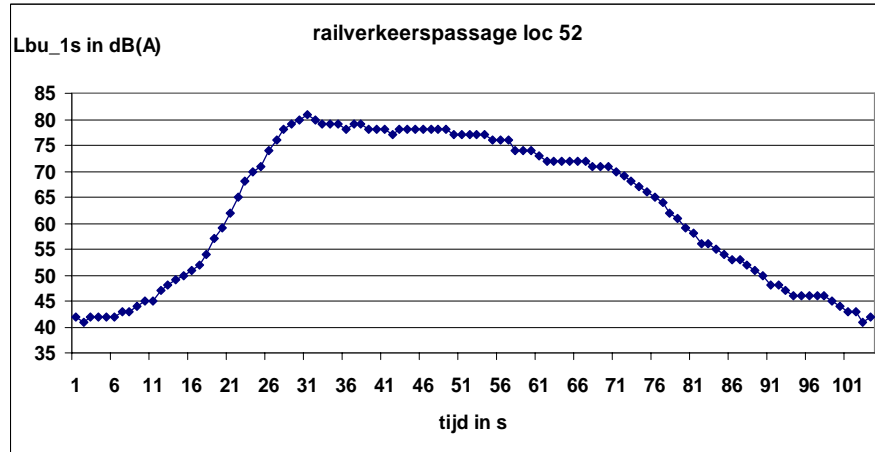
Soms zijn de passages wel geïsoleerd, maar overlappen de *effectbeoordelings-intervallen* van beide passages elkaar. Dan zijn de passages ook samengenomen en hebben we aan de gecombineerde passage de hoogste van de twee waarden van L_{max} en van de twee waarden van SEL gegeven.



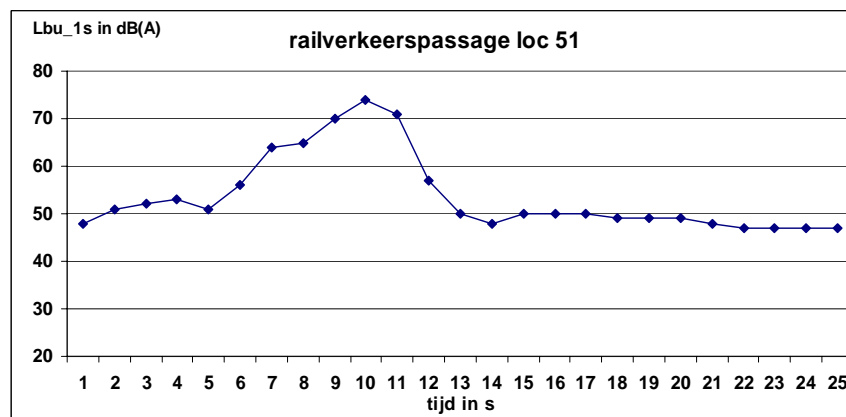
Figuur 5.2 Twee wegverkeerspassages, die in de analyses als één passage worden beschouwd. $L_{max_bu} = 71$ dB(A), $SEL_{bu} = 77,9$ dB(A).

De railverkeerspassages hebben een veel grotere verscheidenheid van vorm. Dat is geïllustreerd in de figuren 5.3 tot en met 5.5. In figuur 5.3 hebben we een langdurige passage weergegeven. De *duur* tussen de twee – 10 dB(A)-punten is 46 s; het *effectbeoordelings-interval* ligt tussen 0 s en 90 s. De kortdurende railverkeerspassage uit figuur 5.4 heeft een *duur* van 5 s en het *effectbeoordelings-interval* ligt tussen -15 s en 30 s. In figuur 5.5 is een passage van gemiddelde duur op het maximum plateau weergegeven: er ligt 18 s tussen de twee – 10 dB(A)-punten en het *effectbeoordelings-interval* van het maximum plateau ligt tussen 0 s en 75 s. De bepaling van de

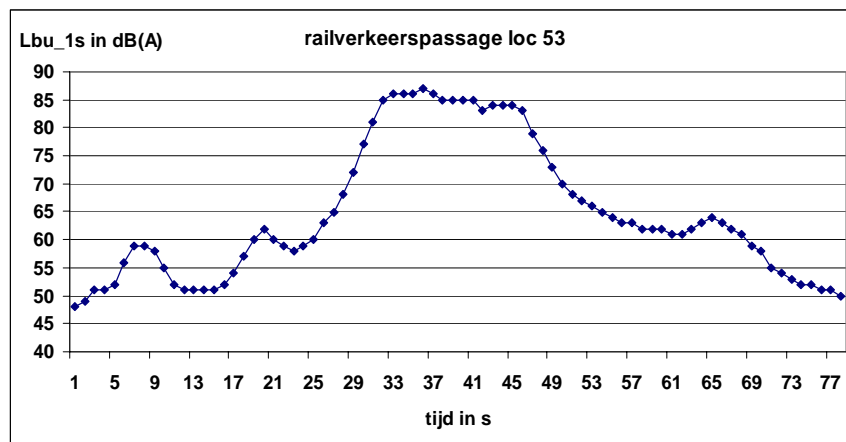
geluidsparementers is echter zo, dat ook aan elk van de drie maxima bij 8 s, 20 s, en 65 s een passage, inclusief *duur* en *effectbeoordelings-interval*, toegekend wordt. Omdat de *effectbeoordelings-intervallen* van de vier passages elkaar overlappen, ligt het totale *effectbeoordelings-interval* van de gecombineerde passage tussen -15 s en 90 s.



Figuur 5.3 Een langdurige railverkeerspassage op locatie 52. $L_{max_bu} = 81$ dB(A), $SEL_{bu} = 93$ dB(A).



Figuur 5.4 Een railverkeerspassage op locatie 51. $L_{max_bu} = 74$ dB(A), $SEL_{bu} = 77$ dB(A).



Figuur 5.5 Een railverkeerspassage op locatie 53. $L_{max_bu} = 87$ dB(A), $SEL_{bu} = 97$ dB(A).

Om inzicht te verkrijgen in de verhouding van het aantal waarnemingen in de effectbeoordelings-intervallen en die buiten de effectbeoordelings-intervallen hebben

we tabel 5.1 samengesteld. Aan elke deelnemer hebben we gedurende diens slaaptijd binnen de stillere perioden van de nacht de overeenkomstige effectbeoordelingsintervallen, die op de buitenmeter zijn bepaald, toegekend^a. Vervolgens hebben we per locatie het totaal aantal 15-s intervallen geteld die tot een effectbeoordelings-interval behoren en het totaal aantal 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren. De aantallen hebben we eveneens per brontype berekend. Van het totaal aantal 15-s intervallen (614 000) bij de deelnemers op de lokale en provinciale wegverkeerslocaties in de beschouwde periode van de nachten is bijna 27% een 15-s interval binnen een effectbeoordelings-interval. Globaal behoort dus een kwart van de 15-s intervallen binnen de beschouwde periodes van de nacht van de lokale en provinciale wegen tot de effectbeoordelings-intervallen, 10% van de railverkeerslocaties en 5% van de snelweglocaties. In absolute aantallen gaat het om ruim 160000 15-s intervallen binnen een effectbeoordelings-interval bij de deelnemers van de lokale en provinciale wegverkeerslocaties, en om ongeveer 25000 15-s intervallen zowel op de snelweg- als op de railverkeerslocaties. Het totaal aantal 15-s intervallen binnen effectbeoordelings-intervallen is 213800.

Tabel 5.1 Percentage van de 15-s intervallen die behoren tot een effectbeoordelings-interval per locatie en per brontype.

locatie	percentage per locatie	gemiddeld percentage per type verkeersbron (N=aantal 15-s intervallen)
		lokaal/provinciaal verkeer (N = 614 000)
40	43,1	26,9
41	17,6	
44	33,4	
45	23,6	
47	4,6	
		snelwegverkeer (N = 489 000)
42	1,2	5,1
43	13,4	
46	0,1	
		railverkeer (N = 241 000)
50	7,1	9,9
51	6,1	
52	8,5	
53	18,5	

5.2 Expositie-effectrelaties

In bijlage B zijn de analyses over de acute effecten uitvoerig beschreven. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de resultaten.

De relatie tussen een momentane effectvariabele en een geluidsbelastingsvariabele hebben we bepaald, zoals aan het eind van 3.4.1 is vermeld. Hier volgt een wat

^a Dat impliceert dat een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval op de buitenmeter van locatie-interval 401 met bijvoorbeeld 15 slapende deelnemers gedurende dat 15-s interval 15 maal in het bestand voorkomt en een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval op de buitenmeter van locatie-interval 471 met bijvoorbeeld 7 slapende deelnemers 7 maal in het bestand is opgenomen.

uitgewerkt voorbeeld van de gevolgde berekeningswijze: we kiezen in dit voorbeeld al dan niet motiliteit in een 15-s interval als afhankelijke variabele en het maximum geluidniveau van een verkeerspassage als geluidsbelastingsvariabele. Allereerst hebben we de coëfficiënten van een model berekend voor het verband tussen de effectvariabele (logit van m) in de 15-s intervallen van de effectbeoordelingsintervallen en het maximum geluidniveau, met de logaritme van de tijd van de verkeerspassage na inslapen als additionele variabele. Immers, de tijd na inslapen is een belangrijke determinant van de kans op motiliteit (zie figuur 4.5). Tevens hebben we een model berekend voor het verband tussen de effectvariabele (logit van m) in de 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelingsinterval behoren en de logaritme van de tijd na inslapen. Om het *effect door verkeersgeluid* als functie van het maximum geluidniveau te bepalen, hebben we beide modellen vergeleken en bij elke waarde van het maximum geluidniveau in het onderzochte geluidsbelastingsbereik, van de effectwaarde tijdens effectbeoordelingsintervallen de effectwaarde afgetrokken die berekend is voor dezelfde tijd na inslapen tijdens de intervallen die niet tot een effectbeoordelingsinterval behoren. Dit levert de geschatte *toename in de effectvariabele* voor de gekozen waarden van het maximum geluidniveau tijdens de momentane blootstelling aan het geluid van (luidere) verkeerspassages. Al dan niet motiliteit in een 15-s interval is een binaire effectvariabele. Dan spreken we in plaats van over toename in de effectvariabele over geschatte extra kans op (het optreden van) motiliteit.

5.2.1 *Maten voor de expositie*

Zoals in 3.3 is uiteengezet, hebben we op basis van de luidste verkeerspassages die in de stillere perioden van de nacht optreden, voor elke slaapkamer het gemiddelde verschil bepaald tussen het maximum geluidniveau op de buitenmeter van deze passages en het maximum geluidniveau in de betreffende slaapkamer (zie ook bijlage A). Dit verschil hebben we het *buitenbinnenverschil (bbv)* genoemd.

In dit hoofdstuk geven we resultaten voor de volgende geluidsexpositiematen:

- L_{max_bbv}*: maximum geluidniveau op de buitenmeter tijdens een verkeerspassage (*L_{max_bu}*) verminderd met *bbv* ($L_{max_bbv} = L_{max_bu} - bbv$);
- SEL_{bbv}*: *SEL* van een verkeerspassage afgeleid uit de geluidniveaus op de buitenmeter (*SEL_{bu}*) verminderd met *bbv* ($SEL_{bbv} = SEL_{bu} - bbv$).
- SEL_{bin}*: uit meting verkregen *SEL* in de slaapkamer tijdens een effectbeoordelings-interval, exponentieel gemiddeld over het aantal 15-s intervallen van dat interval^a.

Deze geluidsmaten zijn in dB(A). In bijlage B hebben we ook andere expositiematen gebruikt, maar deze leidden niet tot statistisch significante relaties.

Het achtergrondniveau in een slaapkamer is ongeveer 20 dB(A) en de geluidsmeters waren zo ingesteld dat ze ongeveer 20 dB(A) ook als laagste meetniveau hadden. De uit meting verkregen *SEL* in de slaapkamer tijdens een 15-s interval is, als we uitgaan van een laagste meetniveau van 20 dB(A), dan tenminste $20 + 10 \cdot \log(15) = 20 + 11,8 = 31,8$ (afgerond 32) dB(A). (Dat geldt ook voor de 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren.) De *SEL* tijdens een 15-s interval zal hoger liggen als er in de slaapkamer geluid wordt gemaakt of als geluid van buiten de slaapkamer de

^a *SEL* is het op de binnenmeter bepaalde, op één seconde genormeerde equivalente geluidniveau over het effectbeoordelings-interval (*SEL* in dB(A)).

slaapkamer binnendringt. In de effectbeoordelingsintervallen zijn 5% van de waarden van *SEL_bin* ten hoogste 35 dB(A) en 5% tenminste 55 dB(A). Dat betekent dat de lagere waarden van *SEL_bin* een paar dB(A) boven de minimaal gemeten *SEL* uitkomen. Het lijkt redelijk te veronderstellen dat deze lagere waarden van *SEL_bin* mede beïnvloed zijn door andere geluiden dan die van het verkeer. We vinden het ook aannemelijk dat de hogere waarden van *SEL_bin* (vrijwel) uitsluitend zijn veroorzaakt door verkeerspassages. Immers, de gemiddelde duur van een effectbeoordelingsinterval is 4,4 15-s intervallen. Dat betekent dat de *SEL* van één passage, die veelal ten hoogste 15 seconden duurt (dit geldt voor 83% van de passages), over 4,4 15-s intervallen is uitgesmeerd en globaal $10 \cdot \log(4,4) = 6,4$ dB(A) hoger ligt dan *SEL_bin*. Voor ongeveer 5% van de passages ligt de *SEL* dus op 60 dB(A) en hoger.

5.2.2 *Effectvariabele motiliteit*

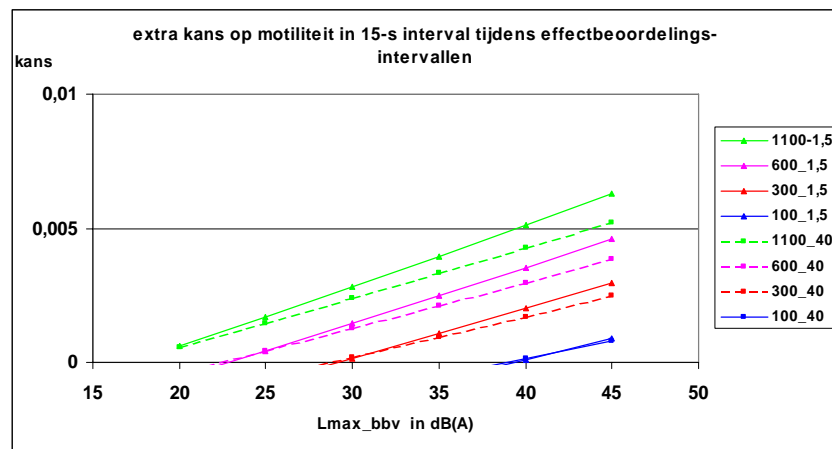
5.2.2.1 *Extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit in 15-s intervallen van effectbeoordelings-intervallen*

We hebben zowel de kans op motiliteit (m) als de kans op begin van motiliteit (k) in een 15-s interval van de effectbeoordelings-intervallen bepaald als functie van de genoemde geluidsmaten, met de tijd in de vorm van $\log x$ als additionele variabele met behulp van een logistische multilevel-regressieanalyse, met deelnemer als random factor. Tevens hebben we zowel de kans op motiliteit (m) als de kans op begin van motiliteit (k) in de 15-s intervallen tijdens de slaapperiode (in de stillere perioden gedurende de nacht) buiten de effectbeoordelings-intervallen bepaald met $\log x$ als onafhankelijke variabele met behulp van een logistische multilevel-regressieanalyse, met deelnemer als random factor. Het verschil bij een zelfde tijd na inslapen is zoals hiervoor uitgelegd de geschatte extra kans op motiliteit door verkeersgeluid of geschatte extra kans op begin van motiliteit door verkeersgeluid tijdens een 15-s interval.

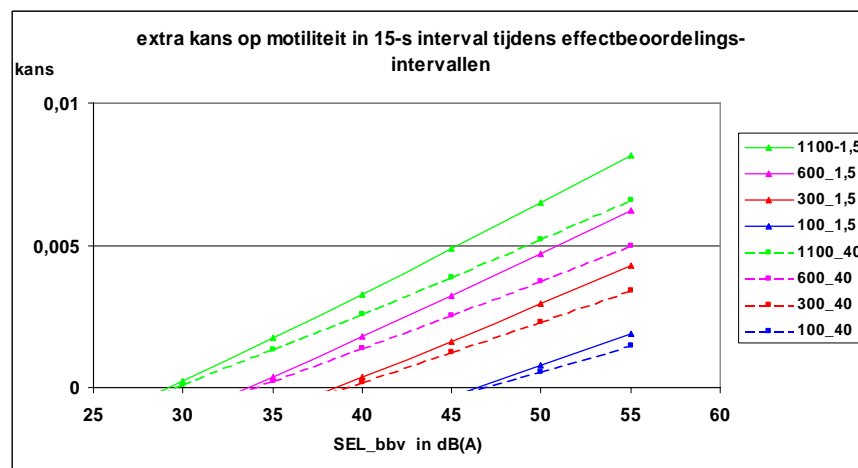
Alle zes onderzochte relaties zijn statistisch significant: extra kans op m en extra kans op k tijdens een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval als functie van *Lmax_bbv*, *SEL_bbv*, en *SEL_bin*. We hebben daarbij als hypothese genomen dat de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit toeneemt naarmate de geluidsbelastingsvariabele toeneemt. In de modellen voor kans op motiliteit (zowel tijdens als buiten effectbeoordelings-intervallen) bleek geslacht geen additionele variabele, voor extra kans op begin van motiliteit wel. In bijlage B hebben we het verschil tussen mannen en vrouwen op extra kans op begin van motiliteit gegeven. Om de figuren niet te gecompliceerd te maken geven we hier in de hoofdtekst de voor mannen en vrouwen gecombineerde resultaten. Het resultaat is gegeven in de figuren 5.6 tot en met 5.11, voor vier tijdstippen na inslapen. Het gemiddelde van x (x is het nummer van het 15-s interval na inslapen) ligt op 600 (2,5 uur na inslapen). P40db hebben we gelijk genomen aan 1,5% en 40%, waarbij p40db gelijk aan 1,5 snelwegverkeer representeert en p40db gelijk aan 40 railverkeer. Voor lokaal en provinciaal wegverkeer ligt p40db voornamelijk tussen 10 en 30.

Tevens hebben we dummy variabelen voor brontype als mogelijke additionele variabelen aan de modellen toegevoegd. In geen enkel geval was er een statistisch significante coëfficiënt van deze dummy variabelen. Het verschil tussen bronnen wordt verdisconteerd door verschillen in p40db. Uit alle figuren blijkt dat in geval van p40db gelijk aan 1,5 (snelwegverkeer) de extra kans op motiliteit en begin van motiliteit iets groter is dan voor p40db gelijk aan 40 (railverkeer). Aangezien de luidste railverkeerspassages ongeveer 10 dB(A) hogere waarden van *Lmax_bbv*, *SEL_bbv* of *SEL_bin* hebben dan de luidste snelwegverkeerspassages, zijn de extra kansen in een

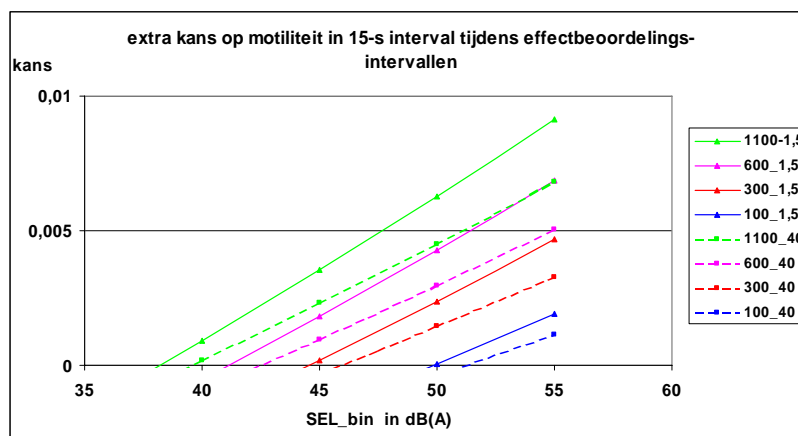
15-s interval bij de, per bron van elkaar verschillende, hoogste exponentiewaarden voor railverkeer iets groter dan voor snelwegverkeer.



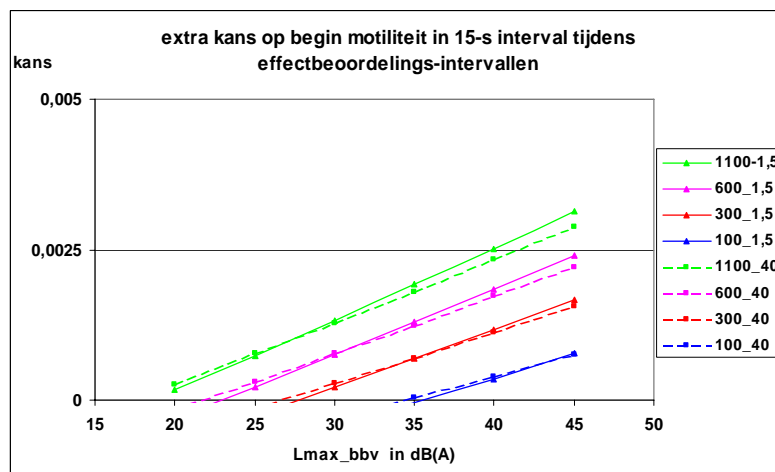
Figuur 5.6 Schatting van de extra kans op **motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelingsinterval als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



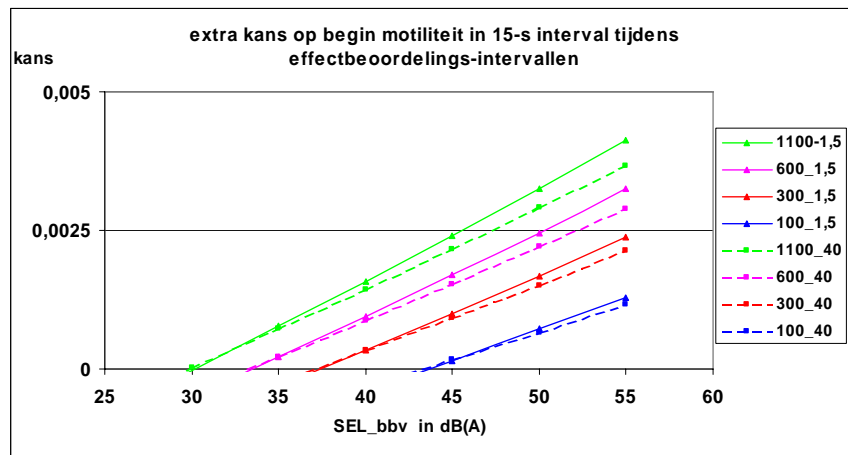
Figuur 5.7 Schatting van de extra kans op **motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelingsinterval als functie van **SEL_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



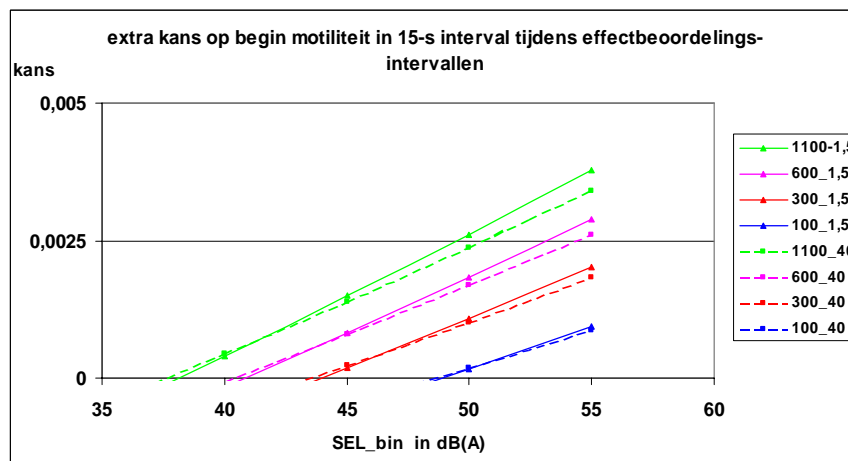
Figuur5.8 Schatting van de extra kans op **motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval als functie van **SEL_bin** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



Figuur5.9 Schatting van de extra kans op **begin van motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



Figuur 5.10 Schatting van de extra kans op **begin van motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval als functie van SEL_{bbv} van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



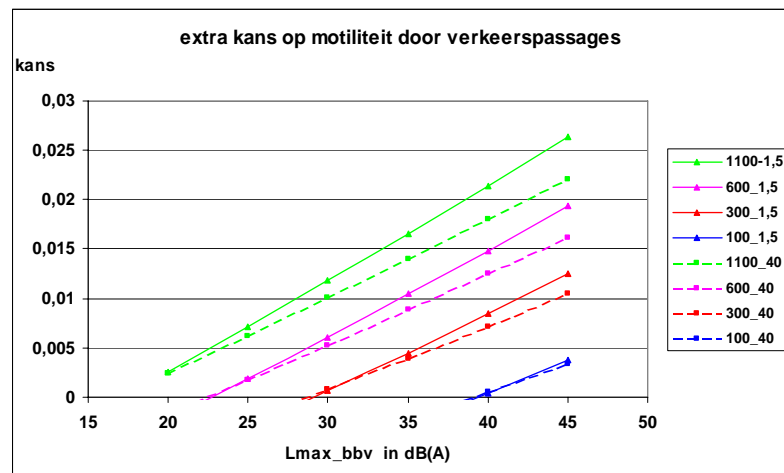
Figuur 5.11 Schatting van de extra kans op **begin van motiliteit** in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval als functie van SEL_{bin} van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).

Uit een vergelijking van de overeenkomstige figuren van extra kans op motiliteit (figuren 5.6 en 5.7) en op begin van motiliteit (figuren 5.9 en 5.10) blijkt dat er tussen extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit in een 15-s interval gedurende een effectbeoordelings-interval en L_{max_bbv} een iets minder sterk verband is dan tussen extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit in een 15-s interval gedurende een effectbeoordelings-interval en SEL_{bbv} . Voor SEL_{bin} zijn de verbanden een fractie sterker dan voor SEL_{bbv} .

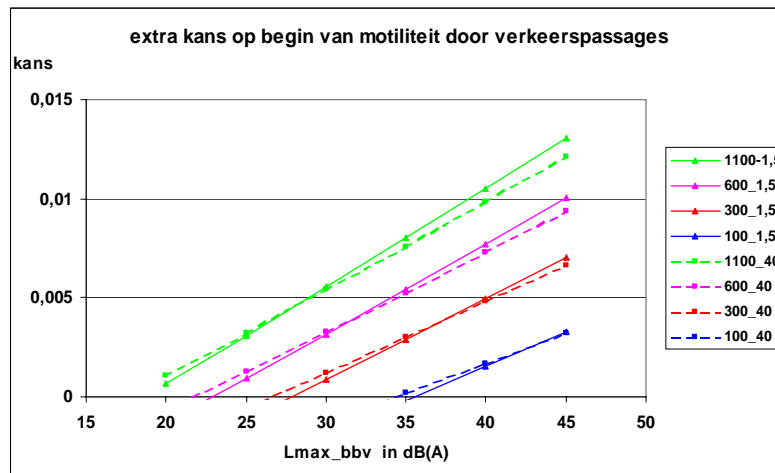
5.2.2.2 Extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit door verkeerspassages

In het voorgaande is de extra kans op (begin van) motiliteit in een 15-s interval tijdens een effectbeoordelings-interval gegeven. Om de totale extra kans op (begin van) motiliteit door een verkeerspassage te berekenen, moet met het aantal 15-s intervallen in een effectbeoordelings-interval rekening gehouden worden en met de mogelijkheid

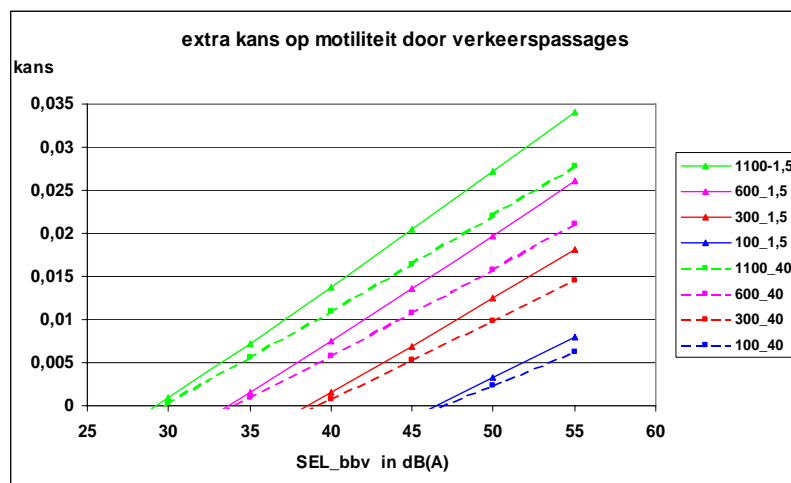
dat motiliteit geclusterd voorkomt. Het gemiddeld aantal 15-s intervallen per effectbeoordelings-interval is 4,41. Er is niet veel verschil in het gemiddeld aantal tussen de brontypen. Wel heeft ruim 2,5% van de railverkeerspassages hebben effectbeoordelings-intervallen die tenminste 2 minuten zijn. Begin van motiliteit in opeenvolgende 15-s intervallen komt niet geclusterd voor (zie bijlage B). Bij motiliteit is dat wel het geval. Gemiddeld is het aantal 15-s intervallen met motiliteit waarin op daarop volgende 15-s intervallen ook motiliteit voorkomt 1,8. We zijn in de verdere berekeningen van een gemiddelde van 2 uitgegaan en hebben de relaties in de figuren 5.6 en 5.9 omgewerkt om de extra kans op motiliteit en op extra kans op begin van motiliteit door een verkeerspassage te berekenen (zie bijlage B). Het resultaat is in de figuren 5.12 en 5.13 gegeven. Het blijkt globaal dat de extra kans op motiliteit door een verkeerspassage van gemiddelde duur ongeveer 3,5 maal zo groot is als de extra kans in een 15-s interval. Globaal is de extra kans op begin van motiliteit door een verkeerspassage van gemiddelde duur ongeveer 3,8 maal zo groot als de extra kans in een 15-s interval. Bij de ruim 2,5% van de railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten, zijn de extra kansen door zo'n verkeerspassage ongeveer 1,5 maal zo groot als aangegeven in de figuren voor de gemiddelde duur van een verkeerspassage.



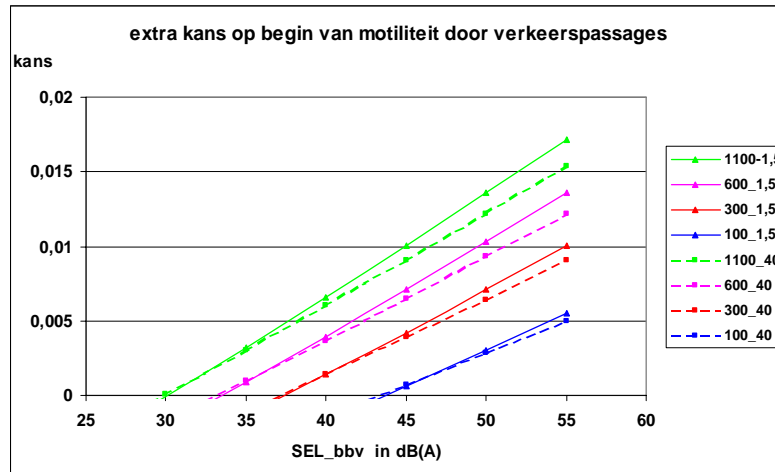
Figuur 5.12 Schatting van de extra kans op **motiliteit** door verkeerspassages als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen; $x = 300$, 75 minuten na inslapen; $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P40db is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



Figuur 5.13 Schatting van de extra kans op **begin van motiliteit** door verkeerspassages als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



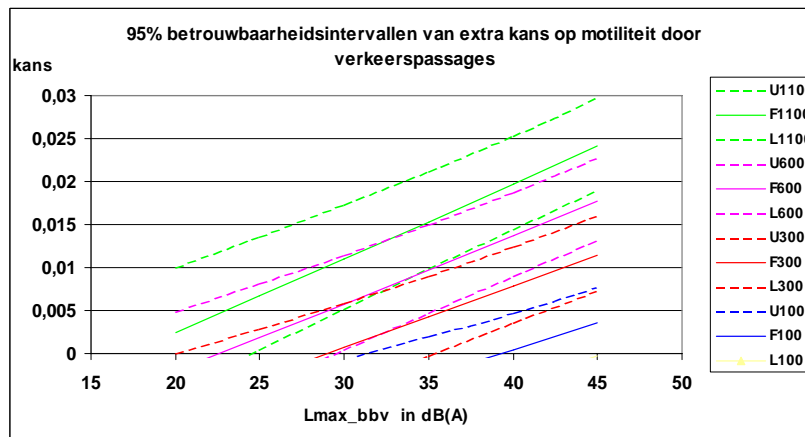
Figuur 5.14 Schatting van de extra kans op **motiliteit** door verkeerspassages als functie van **SEL_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).



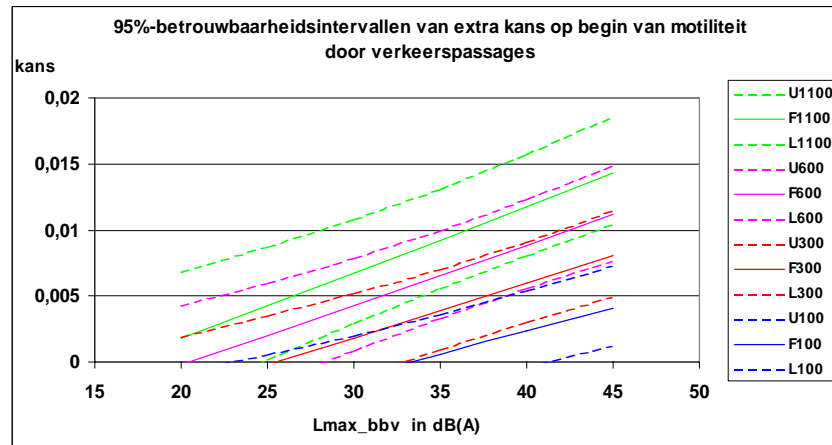
Figuur 5.15 Schatting van de extra kans op **begin van motiliteit** door verkeerspassages als functie van **SEL_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).

5.2.2.3 Betrouwbaarheidsintervallen van de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit door verkeerspassages

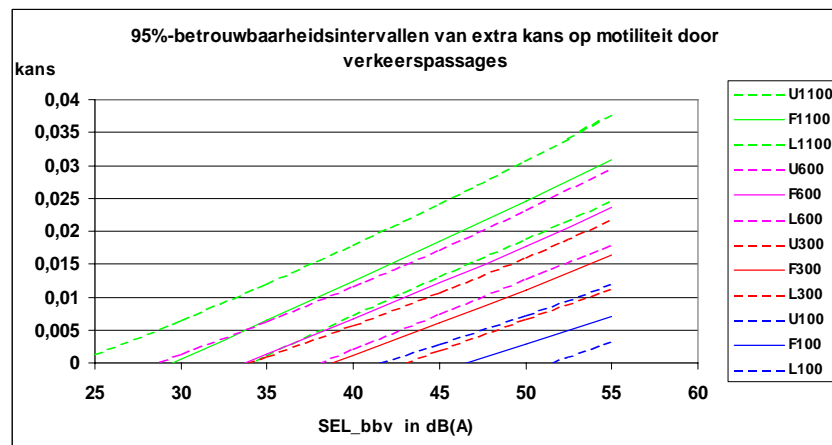
In de figuren 5.16 tot en met 5.19 zijn voor de relatie van de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit met L_{max_bbv} en met SEL_{bbv} de 95%-betrouwbaarheidsintervallen gegeven. In bijlage B is aangegeven hoe we deze betrouwbaarheidsintervallen hebben bepaald.



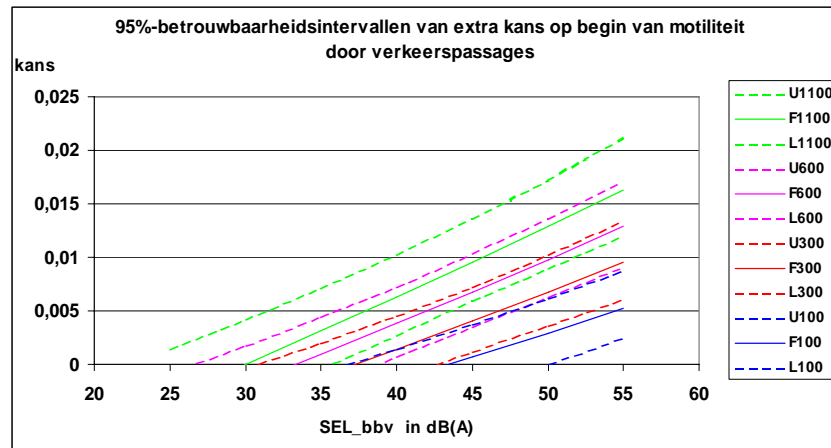
Figuur 5.16 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de extra kans op **motiliteit** door verkeerspassages (U: bovengrens, L: benedengrens, F de geschatte functie) als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan het gemiddelde over alle locaties (18,3).



Figuur 5.17 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de extra kans op **begin van motiliteit** door verkeerspassages (U: bovengrens, L: benedengrens, F de geschatte functie) als functie van **Lmax_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan het gemiddelde over alle locaties (18,3).



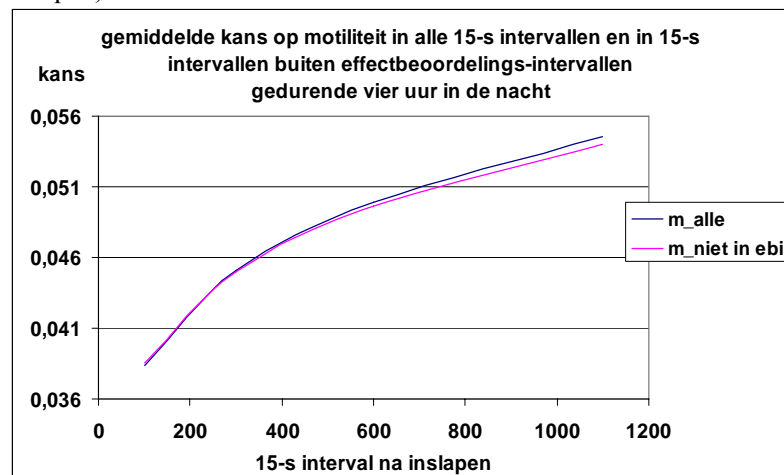
Figuur 5.18 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de extra kans op **motiliteit** door verkeerspassages (U: bovengrens, L: benedengrens, F de geschatte functie) als functie van **SEL_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan het gemiddelde over alle locaties (18,3).



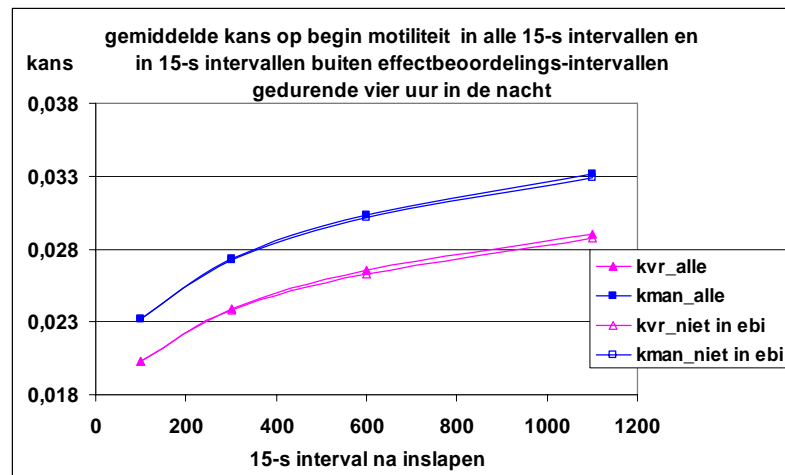
Figuur 5.19 95%-betrouwbaarheidsintervallen van de extra kans op **begin van motiliteit** door verkeerspassages (U: bovengrens, L: benedengrens, F de geschatte functie) als functie van **SEL_bbv** van de passages, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. P_{40db} is gelijk genomen aan het gemiddelde over alle locaties (18,3).

5.2.2.4 Bijdrage momentane extra (begin van) motiliteit door verkeersgeluid

De vraag, die voor hoofdstuk 6 van belang is, is wat de bijdrage de momentane extra motiliteit en extra begin van motiliteit is tot de motiliteit en begin van motiliteit over een slaaperperiode. Om die vraag te beantwoorden hebben we de figuren 5.20 en 5.21 samengesteld. Er is voor de stillere periodes in de nachten een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde kans op (begin van) motiliteit na inslapen voor alle 15-s intervallen en voor de 15-s intervallen, die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren. Voor motiliteit betreft het mannen en vrouwen te samen, en voor begin van motiliteit mannen en vrouwen apart. Het is duidelijk dat de momentane verhoging van motiliteit door verkeersgeluid vrijwel geen rol speelt in de gemiddelde kans op motiliteit tijdens de bestudeerde slaaperperiodes (van inslapen tot ruim 4,5 uur na inslapen).



Figuur 5.20 Gemiddelde kans op motiliteit in alle 15-s intervallen (m_{alle}) en in de 15-s intervallen die niet behoren tot een effectbeoordelings-interval ($m_{niet\ in\ ebi}$) als functie van het aantal 15-s intervallen na inslapen, voor de vier beschouwde uren in de nacht.



Figuur 5.21 Gemiddelde kans op begin van motiliteit in alle 15-s intervallen (m_{alle}) en in de 15-s intervallen die niet behoren tot een effectbeoordelings-interval ($m_{niet\ in\ ebi}$) als functie van het aantal 15-s intervallen na inslapen, voor mannen en vrouwen apart en voor de vier beschouwde uren in de nacht.

5.2.3 Zelf-geregistreerd ontwaken

We hebben geen statistisch significante relatie tussen kans op zelf-geregistreerd ontwaken en een geluidsbelastingsvariabele kunnen vaststellen. Er is wel een verschil tussen mannen en vrouwen in zelf-geregistreerd ontwaken. In het bovenste gedeelte van tabel 5.4 staan daarover gegevens. Het percentage 15-s intervallen waarin vrouwen op de marker gedrukt hebben, is 0,086, en voor mannen is dit 0,068. Dit is een statistisch significant verschil. In het onderste gedeelte van de tabel zijn de 15-s intervallen gesplitst naar het al dan niet in een effectbeoordelings-interval (ebi) liggen. Het percentage 15-s intervallen waarin op de marker is gedrukt in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval is iets hoger (0,005) dan het percentage 15-s intervallen waarin op de marker gedrukt is in een 15-s interval dat buiten een effectbeoordelings-interval ligt. Dit verschil is echter niet statistisch significant.

Tabel 5.2 Gegevens over zelf-geregistreerd ontwaken. Bovenste gedeelte van de tabel betreft het verschil tussen mannen en vrouwen, en het onderste gedeelte het verschil tussen 15-s intervallen in effectbeoordelings-intervallen (ebi) en buiten effectbeoordelings-intervallen (niet ebi).

subgroep	aantal 15-s intervallen			percentage 15-s intervallen	
	met mark=0	met mark =1	totaal aantal	met mark=0	met mark =1
vrouw	759971	655	760626	99,914	0,086
man	583933	396	584329	99,932	0,068
totaal	1343904	1051	1344955	99,922	0,078
niet ebi	1128218	873	1129091	99,923	0,077
ebi	215686	178	215864	99,918	0,082
totaal	1343904	1051	1344955	99,922	0,078

5.2.4 *Hartslag*

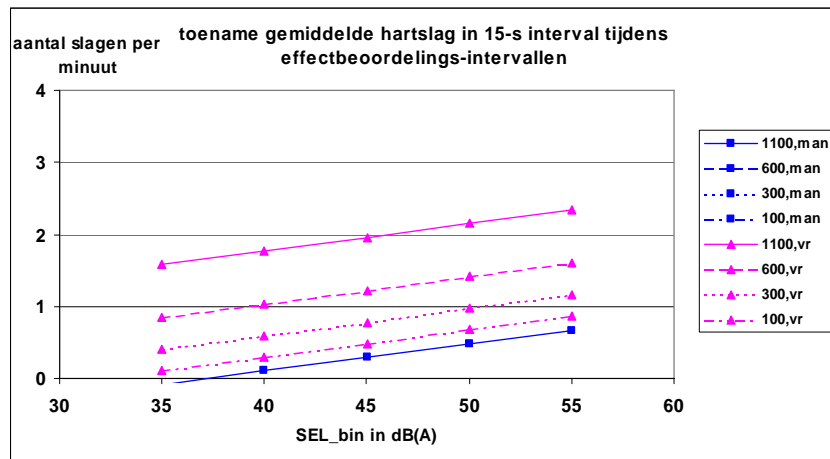
We hebben de volgende effectvariabelen geanalyseerd:

- gemiddelde hartslag in een 15-s interval
- maximum hartslag in een 15-s interval
- gemiddelde IBI in een 15-s interval
- minimum IBI in een 15-s interval
- gemiddelde variabiliteit van IBI in een 15-s interval
- minimum variabiliteit van IBI in een 15-s interval

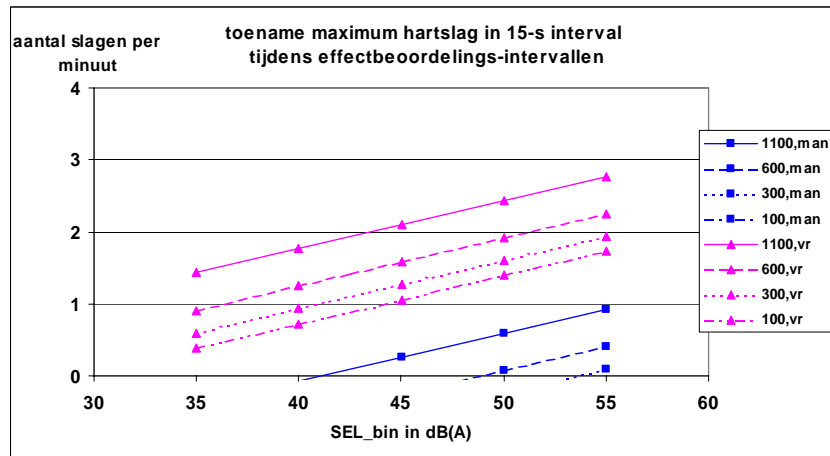
Omdat een acute reactie op een geluid in eerste instantie een kortdurende verhoging van de hartslag veroorzaakt, verwachten we dat met name de maximum hartslag en minimum IBI in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval grotere effecten te zien geven dan de gemiddelde waarden. Bij de gemiddelden is immers de optredende verandering, die veelal bestaat uit een verhoging van de hartslag gevolgd door een verlaging, over 15 seconden uitgesmeerd. We verwachten door een grotere sympathische invloed tijdens en kort na een verkeersgeluid een verhoging van de hartslag en vermindering van IBI en van variabiliteit in IBI.

De eerste vier effectvariabelen hebben een statistisch significante relatie met *SEL_bin*, en niet met *Lmax_bbv* en *SEL_bbv*. De maten voor variabiliteit van IBI hebben geen enkele relatie met de geluidsbelastingmaten. De relaties zijn in de figuren 5.22 tot en met 5.25 gegeven.

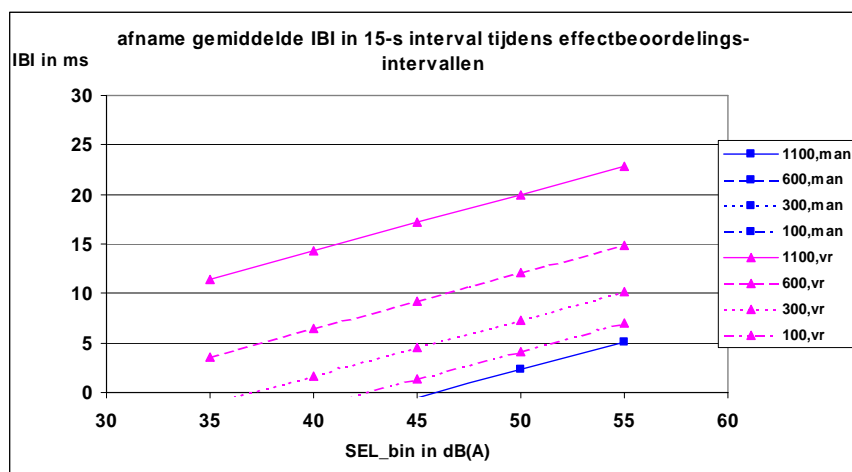
In elke statistisch significante relatie met *SEL_bin* is geslacht additionele variabele. Vrouwen hebben een sterkere momentane hartslagreactie op een verkeerspassage dan mannen. Ook hebben we nagegaan of de interactieterm *SEL_bin*geslacht* effect heeft op de expositie-effectrelaties. Dit was niet het geval. Voor de vier modellen met een statistisch significante relatie hebben we nagegaan of bron een additionele variabele is. Dat bleek niet het geval te zijn. Ook hebben we nagegaan of er in aparte modellen verschillen in brontype zijn. Het bleek dat in geen enkel geval voor alle drie brontypen modellen konden worden bepaald met statistisch significante coëfficiënten van de geluidsmaten, zodat vergelijking op deze manier niet mogelijk was.



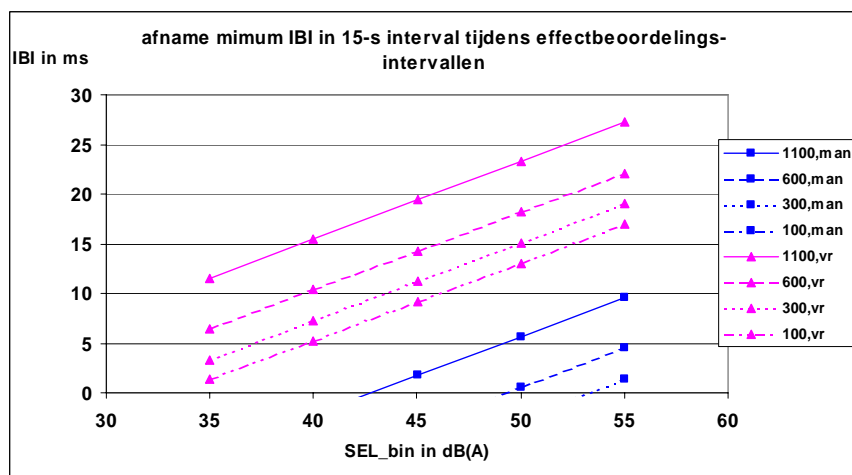
Figuur 5.22 Toename gemiddelde hartslag in een 15-s interval tijdens verkeerspassages als functie van SEL_{bin} , voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. Geslacht is een additionele variabele.



Figuur 5.23 Toename van de maximum hartslag in een 15-s interval tijdens verkeerspassages als functie van SEL_{bin} , voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. Geslacht is een additionele variabele.



Figuur 5.24 Afname van de gemiddelde IBI in een 15-s interval tijdens verkeerspassages als functie van SEL_bin, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. Geslacht is een additionele variabele.



Figuur 5.25 Afname van de minimum IBI in een 15-s interval tijdens verkeerspassages als functie van SEL_bin, voor vier tijdstippen na inslapen: $x=100$, 25 minuten na inslapen, $x = 300$, 75 minuten na inslapen, $x = 600$, 2,5 uur na inslapen; $x = 1100$, 4 uur en 35 minuten na inslapen. Geslacht is een additionele variabele.

5.3 Discussie en aanvullende analyses

5.3.1 Algemeen

Het is de vraag of de bewerkingsprocedures van de geluidsgegevens zo zijn geweest dat minder luide passages (die we niet als passages geïdentificeerd hebben) hebben bijgedragen aan een verandering in de effectvariabelen buiten de effectbeoordelingsintervallen. Immers, dat zou een onderschatting van het effect door de luidere passages hebben gegeven. Daarover het volgende. Bij het vaststellen van de aanwezigheid van een verkeerspassage op de buitenmeter is er van uitgegaan dat L_{max} buiten van deze passage tenminste 25 dB(A) boven het achtergrondniveau ligt. Voor de beschouwde perioden in de nacht is het achtergrondniveau voor lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer ongeveer 33-35 dB(A), en voor snelwegverkeer ongeveer 40 dB(A). Globaal zijn dus passages van lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer

geïdentificeerd vanaf een (identificatie)niveau van $L_{max\ buiten}$ van 58 – 60 dB(A) en passages van snelwegverkeer vanaf een niveau van ongeveer 65 dB(A). Globaal is bbv van de slaapkamers 30 dB(A). Dat impliceert dat globaal passages van lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer vanaf een (identificatie)niveau van L_{max_bbv} van ongeveer 30 dB(A) en passages van snelwegverkeer vanaf een niveau van ongeveer 35 dB(A) als passages geïdentificeerd zijn^a. Wat heeft dat voor gevolgen voor de geschatte expositie-effectrelaties?

De geschatte effectdrempels voor *extra kans op motiliteit* en die voor *extra kans op begin van motiliteit* in een 15-s interval zijn van het tijdstip na inslapen afhankelijke waarden en zijn voor $x = 600$ (de gemiddelde tijd die we onderzocht hebben in de beschouwde periodes van de nachten) een L_{max_bbv} van 23 dB(A) en voor $x=100$, $x=300$, $x=1100$ respectievelijk 35-39, 28-29, en lager dan 20 dB(A) (zie de figuren 5.6, 5.9, 5.12 en 5.13). Dit houdt in dat passages die wel een effect hebben niet als zodanig zijn geïdentificeerd en de betreffende 15-s intervallen terecht zijn gekomen buiten de effectbeoordelings-intervallen. De passages kunnen in die intervallen wel (enig) effect op (begin van) motiliteit hebben gegeven, waardoor het verschil tussen effectwaarden in en buiten effectbeoordelings-intervallen geringer is dan wanneer de minder luide passages wel zouden zijn geïdentificeerd. Dit zal tot enige onderschatting van het effect hebben geleid, met name in het tweede gedeelte van de beschouwde slaaperperiodes (omdat in die periodes de effectdrempels lager liggen dan in het eerste gedeelte van de slaaperperiode). We verwachten niet dat de onderschatting van het effect in de expositie-effectrelaties door het niet identificeren van minder luide verkeerspassages groot is. Een onderschatting heeft tot gevolg dat de curven in bijvoorbeeld figuur 5.6 in werkelijkheid hoger zouden moeten liggen, maar wel in eerste benadering evenwijdig aan de gegeven curven. De verschuiving kan niet aanzienlijk zijn, want dan zou de effectdrempel te ver onder L_{max_bbv} van 20 dB(A) komen, wat globaal de laagste meetwaarde buiten effectbeoordelings-intervallen is. We kunnen ook een indicatieve berekening maken. Stel dat er gedurende een kwart van de tijd buiten de effectbeoordelings-intervallen verkeerspassages voorkomen met L_{max_bbv} van 30 dB(A). Dan zou volgens figuur 5.6 voor $x=600$ de extra kans op motiliteit 0,0015 in een 15-s interval zijn en de bijdrage aan de effectvariabele over alle 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren een kwart van 0,0015, dat wil zeggen 0,0004. De curven zouden dus maar weinig omhoog gaan.

Ook met betrekking tot de *hartslagparameters* is het de vraag of het niet identificeren van minder luide verkeerspassages van invloed is op de geschatte expositie-effectrelaties (met SEL_{bin} als enige geluidsbelastingsvariabele). Eerder hebben we opgemerkt dat globaal passages van lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer zijn geïdentificeerd vanaf een (identificatie)niveau van $L_{max\ buiten}$ van 58 – 60 dB(A) en passages van snelwegverkeer vanaf een niveau van ongeveer 65 dB(A). Gemiddeld is SEL_{buiten} van een verkeerspassage 6 dB(A) hoger dan $L_{max\ buiten}$. De identificatieniveaus van SEL_{buiten} zijn dus passages van lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer zijn geïdentificeerd vanaf een (identificatie)niveau van SEL_{buiten} van 64 – 66 dB(A) en passages van snelwegverkeer vanaf een niveau van ongeveer 71 dB(A). Globaal is bbv van de slaapkamers 30 dB(A). Dat impliceert dat globaal passages van lokaal/provinciaal wegverkeer en railverkeer vanaf een (identificatie)niveau van SEL_{binnen} van ongeveer 35 dB(A) en passages van snelwegverkeer vanaf een niveau van ongeveer 40 dB(A) als passages geïdentificeerd zijn. Houden we rekening met de gemiddelde duur van een effectbeoordelings-interval van 4,4 15-s intervallen en met de duur van een passage (in 87% van de gevallen ten

^a Bij hogere waarden van bbv liggen de identificatieniveaus lager, wat tot gevolg heeft dat in 5% van de gevallen waarden van L_{max_bbv} van ten hoogste 20 dB(A) in de analyses zijn meegenomen.

hoogste 15 s), dan komen *SEL binnen* van een passage van ongeveer 35 dB(A) of 40 dB(A) overeen met *SEL_bin* tijdens een 15-s interval van respectievelijk globaal 29 of 34 dB(A). Aangezien we bij *SEL_bin* van 35 dB(A) effecten bij vrouwen op de hartslagvariabelen hebben geconstateerd, kunnen de minder luide verkeerspassages buiten de effectbeoordelings-intervallen wel een enig effect op de hartslag hebben gegeven (zie de figuren 5.15 tot en met 5.18), waardoor het verschil tussen effectwaarden in en buiten effectbeoordelings-intervallen geringer is dan wanneer de minder luide passages wel zouden zijn geïdentificeerd. Dit zal tot enige onderschatting van het effect hebben geleid.

We verwachten niet dat de onderschatting van het effect in de expositie-effectrelaties door het niet identificeren van minder luide verkeerspassages groot is. Een onderschatting heeft tot gevolg dat de rechten in bijvoorbeeld figuur 5.15 in werkelijkheid hoger zouden moeten liggen, maar wel in eerste benadering evenwijdig aan de gegeven rechten. De verschuiving kan niet aanzienlijk zijn, want dan zou de effectdrempel onder *SEL_bin* van 32 dB(A) komen, wat globaal de laagste meetwaarde buiten effectbeoordelings-intervallen is. We kunnen ook een indicatieve berekening maken. Stel dat er gedurende een kwart van de tijd buiten de effectdetectie-intervallen verkeerspassages voorkomen met *SEL_bin* van 35 dB(A). Dan zou volgens figuur 5.15 voor $x=600$ de toename in de hartslag 0,8 slag/minuut in een 15-s interval zijn en de bijdrage aan de effectvariabele over alle 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren een kwart van 0,8 slag/minuut, dat wil zeggen 0,2 slag/minuut. De rechten zouden dus maar weinig omhoog gaan.

Op basis van het bovenstaande concluderen we dat het niet-identificeren van verkeerspassages, die tijdens 15-s intervallen die niet tot een effectbeoordelings-interval behoren boven de effectdrempel voor motiliteit en voor de onderzochte hartslagvariabelen uitkomen, geen significant effect heeft op de opgestelde expositie-effectrelaties. In de voor de hartslagparameters gepresenteerde relaties met *SEL_bin* kunnen systematische fouten voorkomen, waardoor het effect enerzijds overschat wordt (het effect wordt niet door verkeersgeluid veroorzaakt, maar door andere geluiden in de slaapkamer of door activiteit van de deelnemer) en anderzijds onderschat wordt (het kortdurende effect is uitgesmeerd over een te lange periode).

5.3.2 *Motiliteit*

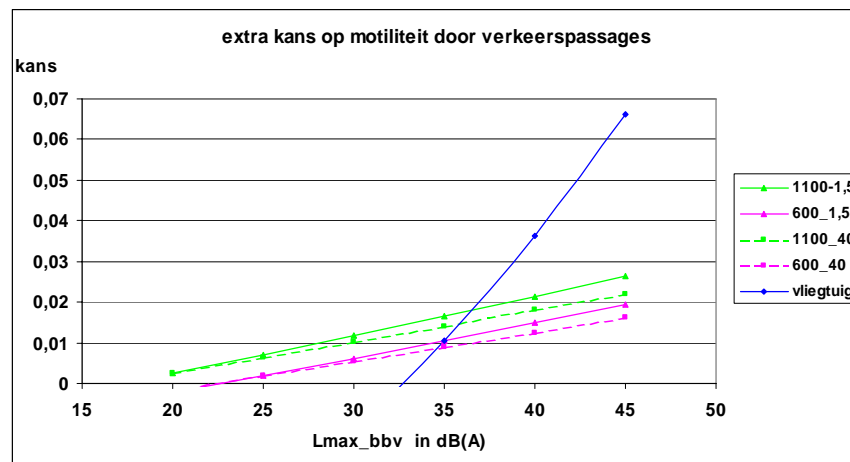
5.3.2.1 *Relatieve toename extra kans op motiliteit door verkeerspassages*

De luidste verkeerspassages veroorzaken een relatieve toename van globaal 40% van het totaal gemiddelde van de kans op motiliteit (zie paragraaf 3.3: gemiddelde $m = 0,054$) en overall kans op begin van motiliteit (gemiddelde $k = 0,030$) in de tweede helft van de beschouwde slaapperiodes (2 tot 4,5 uur na inslapen) en van globaal 10% in de eerste helft van de beschouwde slaapperiodes (tot 2 uur na inslapen) (figuren 5.12 tot 5.15). Dit zijn relatief kleine extra kansen, die bij minder luide passages geringer zijn, maar ze treden in sommige wel vaak op. Vooral in het geval van lokaal en provinciaal wegverkeer betreft het een aanzienlijk aantal verkeerspassages (zie tabel A1). Op locatie 40 is het aantal luidere verkeerspassages van bijna 100 verkeerspassages in de beschouwde vier uur per nacht het hoogst.

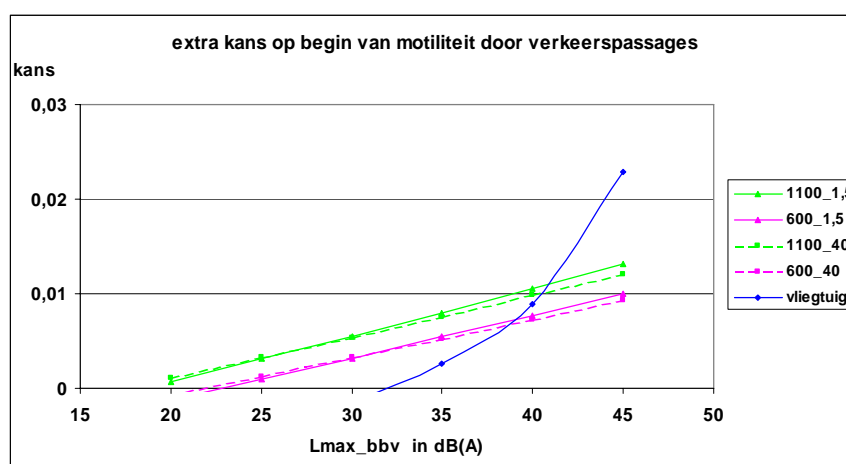
5.3.2.2 *Vergelijking extra (begin van) motiliteit door weg- en railverkeerspassages en die door vliegtuigpassages*

In het volgende hebben we de uitkomsten van het huidige onderzoek met betrekking tot extra kans op motiliteit en extra kans op begin van motiliteit door weg- en

railverkeerspassages vergeleken met die toenames die in het GES-onderzoek voor vliegtuigpassages zijn vastgesteld. Omdat het in het onderzoek naar de momentane effecten door het geluid van passerende vliegtuigen op motiliteit en op begin van motiliteit mogelijk was om het precieze tijdstip van passeren vast te stellen, hebben we in dat onderzoek de kansen bepaald gedurende het 15-s interval waarin het maximum geluidniveau op een binnenmeter (L_{max_i}) optreedt en in de 15-s intervallen ervoor en erna (voor de luidste passages betreft dit in totaal 7 15-s intervallen). Deze kansen hebben we voor de huidige vergelijking omgewerkt (zie ook 5.3.2) om het totale effect van vliegtuigpassages te bepalen. Het gemiddeld aantal 15-s intervallen (x) na inslapen waarvoor de expositie-effectrelaties zijn opgesteld betrof in het GES-onderzoek 900. We hebben de expositie-effectrelaties voor vliegtuigpassages vergeleken met de uitkomsten uit het huidige onderzoek voor $x=600$ en $x=1100$. We hebben daarbij L_{max_i} uit het GES-onderzoek gelijk gesteld aan $L_{max_{bbv}}$. Het resultaat voor vliegtuiggeluid betreft de uitkomst voor de gehele onderzochte populatie, niet gesplitst naar L_i (totale over tien nachten geaggregeerd individueel equivalent binnenniveau door vliegtuiggeluid). Het resultaat voor vliegtuiggeluid is in de figuren 5.26 en 5.27 gegeven over de range tot $L_{max_{bbv}}$ van 45 dB(A). In het geval van vliegtuiggeluid loopt de onderzochte range tot 68 dB(A). Dat houdt in dat de totale kansen op motiliteit en op begin van motiliteit door een vliegtuigpassage bij $L_{max_{bbv}}$ gelijk aan 68 dB(A) respectievelijk bijna vier maal en ruim vier maal zo groot zijn als bij 45 dB(A).



Figuur 5.26 Vergelijking van expositie-effectrelaties van extra kans op motiliteit door verkeerspassages uit het huidige onderzoek naar weg- en railverkeersgeluid en uit het GES-onderzoek naar vliegtuiggeluid.



Figuur 5.27 Vergelijking van expositie-effectrelaties van extra kans op begin van motiliteit door verkeerspassages (met $x=1100$ en $x=600$, en $p_{40db}=1,5$ en $p_{40db}=40$) uit het huidige onderzoek naar weg- en railverkeersgeluid en uit het GES-onderzoek naar vliegtuiggeluid.

Uit de figuren blijkt dat motiliteit door vliegtuiggeluid bij een hogere L_{max_bbv} begint op te treden dan motiliteit door weg- en railverkeersgeluid van gemiddelde duur (effectbeoordelings-interval van 4,4 15-s intervallen), en dat bij de luidste passages de effecten door weg- en railverkeersgeluid kleiner zijn. We verwachten niet dat het verschil in de vorm van de curve voor vliegtuiggeluid en die voor weg- en railverkeersgeluid berust op het feit dat voor vliegtuiggeluid de onafhankelijke variabele L_{max_i} (het in de slaapkamer gemeten maximum geluidniveau) en in het huidige onderzoek L_{max_bbv} genomen is. De berekeningen zijn zo uitgevoerd dat beide maximum geluidniveaus gemiddeld gelijk zijn. Door het gebruiken van L_{max_bbv} zal L_{max_i} van individuele passages gemiddeld juist zijn en zal de standaarddeviatie in het verschil in de orde van 3 dB(A) zijn (zie bijlage A), hetgeen een verschuiving van 10 dB(A) van het niveau waar vanaf extra motiliteit begint op te treden uiterst onwaarschijnlijk maakt.

Bij de ruim 2,5% van de railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten, is het effect van een passage ongeveer 1,5 maal zo groot als aangegeven in de figuren voor weg- en railverkeer en daarmee globaal bij L_{max_bbv} van 45 dB(A) van gelijke orde grootte als de vliegtuigpassages met L_{max_bbv} van 45 dB(A) uit het GES-onderzoek. De curve voor vliegtuiggeluid loopt echter nog tot 68 dB(A) door en de kans op (begin van) motiliteit door een vliegtuigpassage is dan ongeveer vier keer zo groot als bij 45 dB(A). De luidste bestudeerde vliegtuigpassages geven dus een veel grotere kans op (begin van) motiliteit dan de luidste bestudeerde weg- en railverkeerspassages.

5.3.3 Zelf-geregistreerd ontwaken

In totaal is er 1051 maal op de marker gedrukt door alle deelnemers op alle nachten te samen. Dat geeft een kans van 0,00078 dat er in een 15-s interval op de marker gedrukt is. Er is geen statistisch significant verschil in de kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval en deze kans in een 15-s interval buiten de effectbeoordelings-intervallen. In een TNO-rapport⁴² is een expositie-effectrelatie opgesteld tussen kans op zelf-geregistreerd ontwaken en SEL_i (SEL binnen in de slaapkamer bepaald) voor passages van vliegtuigen van de burgerluchtvaart. De geschatte effectdrempel is een SEL_i van 54 dB(A). In het huidige bestand zijn 5% van de waarden van SEL_bbv in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval meer dan 55 dB(A). Als vergelijkbare relaties voor weg- en

railverkeerspassages als voor vliegtuigpassages zouden gelden, mag het geen verwondering wekken, dat in het huidige onderzoek niet kon worden vastgesteld dat zelf-geregistreerd ontwaken statistisch significant afhankelijk is van de momentane geluidsbelasting. Niettemin is het niet uit te sluiten dat uit een omvangrijker onderzoek zou blijken dat er in het in het huidige onderzoek beschouwde geluidsbelastingsbereik verkeerspassages zijn die zelf-geregistreerd ontwaken tot gevolg hebben.

5.3.4 *Verandering in hartslagfrequentie en IBI door verkeerspassages*

De hartslag van mannen reageert volgens de figuren 5.21 tot en met 5.24 momentaan vrijwel niet op geluid met de in de slaapkamers voorkomende niveaus. Bij de hoogste *SEL_bin* (55 dB(A)) is bij mannen voor het laatste deel van de bestudeerde slaaperiode (2 tot 4,5 uur na inslapen) in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval de verandering in hartslagfrequentie en in IBI 0,5 – 1% van het totaal gemiddelde van de hartslag en IBI (zie 3.3; de gemiddelde hartslag van mannen uit het onderzoek is 64 slagen per minuut, de gemiddelde IBI 960 ms). Dit impliceert dat bij de hoogste *SEL_bin* bij mannen voor 2 tot 4,5 uur na inslapen er ongeveer 4 extra slagen optreden door een verkeerspassage van gemiddelde duur (4,4 15-s intervallen, dat wil zeggen ruim twee minuten). Bij vrouwen zijn de acute effecten door verkeerspassages op de hartslag groter. Bij een *SEL_bin* van 35 dB(A) is de toename in gemiddelde en maximum hartslag globaal tot 1,5 slag per minuut (2% van het totaal gemiddelde voor vrouwen) en bij de hoogste *SEL_bin* (55 dB(A)) zijn deze toenames tot 2,5 slag per minuut (3,5% van het totaal gemiddelde voor vrouwen). Dat impliceert bij een verkeerspassage van gemiddelde duur voor een *SEL_bin* van 35 dB(A) en van 55 dB(A) tot ongeveer 6 extra slagen respectievelijk tot 11 slagen extra. Waarschijnlijk zijn de effecten groter op tijdstippen later in de slaaperiode. Hoewel het vooral bij mannen om kleine effecten gaat, is het toch vermeldenswaard omdat personen die langdurig in een dergelijke situatie verkeren deze effecten blijven vertonen. Daarbij zijn er situaties waarin het effect vele malen per slaaperiode optreedt, zoals op locatie 40 met bijna 100 verkeerspassages in de beschouwde vier uur op één nacht.

5.3.5 *Gebruikte momentane geluidsvariabelen en in milieuregelgeving gehanteerde geluidsmaten*

Op momentaan niveau hebben we voor het karakteriseren van de geluidsbelasting door een verkeerspassage *SEL buiten* (tussen de twee – 10 dB(A) punten) en *Lmax buiten* van zo'n passage als basis genomen. Deze geluidsmaten zijn gedefinieerd in ISO-documenten^{43,44} en worden als buitenmaten algemeen gebruikt. De positie van de buitenmeter ten opzichte van de bebouwing is daarbij gestandaardiseerd. Om de binnenwaarden van *SEL* of *Lmax* van een verkeerspassage te bepalen, wordt de op een gestandaardiseerde wijze bepaalde *geluidwering van de gevel* van de betrokken bebouwing van de buitenwaarde afgetrokken. De *geluidwering* wordt op gestandaardiseerde wijze bepaald door een geluidbron buiten bepaalde akoestisch signalen te laten produceren en het gemiddelde verschil te bepalen tussen de waarden van een geluidmaat buiten en binnen. Veelal gebruikt men in de praktijk om binnenwaarden te schatten de in experimentele situaties bepaalde *geluidwering* van gevels. Bijvoorbeeld, in de regelgeving over nachtelijk vliegtuiggeluid in de omgeving van Schiphol gebruikt men voor de *geluidwering* van woningen een waarde van 21 dB(A).

De expositie-effectrelaties hebben *SEL_bbv* (*SEL – bbv*) en *Lmax_bbv* (*Lmax – bbv*) als belastingsmaat. Het voornaamste verschil tussen de in het onderzoek gevolgde procedure en de standaardwerkwijze is het feit dat de buitenmeter in het huidige

onderzoek niet op een eenduidige wijze ten opzichte van de gevels van de betrokken woningen zijn geplaatst. Dit was immers onmogelijk, omdat er slechts één buitenmeter was ten opzichte van 8 tot 12 slaapkamers. Hoewel de plaats van de buitenmeter van belang is voor zowel de waarde van *SEL buiten* (of *L_{max} buiten*) als voor de waarde van *bbv*, is de plaats van de buitenmeter globaal van geen belang voor *SEL – bbv* (of *L_{max} – bbv*).

SEL_{bin} is *SEL binnen* bepaald over een *effectbeoordelings-interval* (een begrip dat is gedefinieerd in dit onderzoek en niet algemeen wordt gebruikt), omgerekend naar *SEL binnen* over een *15-s interval*. Een 15-s interval is vanuit akoestisch oogpunt willekeurig. Hoewel de keuze in het onderzoek te rechtvaardigen is, omdat motiliteit gemeten wordt in 15-s intervallen, is *SEL_{bin}* in de praktijk dus niet zonder meer bruikbaar als momentane geluidmaat.

6 Variabelen over één nacht en etmaal

6.1 Inleiding

In bijlage C zijn details gegeven van de in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten. Ook zijn in bijlage C figuren opgenomen om de resultaten gemakkelijk inzichtelijk te maken.

We hebben de volgende indicatoren voor slaapverstoring op etmaalniveau onderzocht:

Met betrekking tot de inslaaperperiode

- Duur van de inslaaperperiode
- Gemiddelde hartslagfrequentie (h_{ins}), gemiddelde IBI (IBI_{ins}) en gemiddelde hartslagvariabiliteit gedurende de inslaaperperiode (btb_{ins})

Met betrekking tot de slaaperperiode

- Gemiddelde kans op motiliteit (motorische onrust) in 15-s intervallen tijdens de slaaperperiode ($mspt$)
- Gemiddelde kans op begin van motiliteit in 15-s intervallen tijdens de slaaperperiode ($kspt$)
- Gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken (op de marker drukken) in 15-s intervallen tijdens de slaap ($markspt$) en *totaal aantal maal* zelf-geregistreerd ontwaken gedurende de slaaperperiode
- Gemiddelde hartslagfrequentie ($hspt$), gemiddelde IBI ($IBIspt$) en gemiddelde hartslagvariabiliteit ($btbspt$) gedurende de slaaperperiode
- Verschil tussen gemiddelde hartslagfrequentie over de laatste 5 minuten van de slaaperperiode en de gemiddelde hartslag over de eerste 5 minuten van de slaaperperiode ($delta_h$), verschil tussen gemiddelde IBI over de laatste 5 minuten van de slaaperperiode en gemiddelde IBI over de eerste 5 minuten van de slaaperperiode ($delta_{IBI}$), verschil tussen gemiddelde hartslagvariabiliteit over de laatste 5 minuten van de slaaperperiode en gemiddelde hartslagvariabiliteit over de eerste 5 minuten van de slaaperperiode ($delta_{btb}$)
- Variabelen uit de logboekjes, zoals ervaren slaapkwaliteit, aantal herinnerde tussentijdse ontwakingen, aantal herinnerde tussentijdse ontwakingen *door verkeersgeluid*.

Met betrekking tot de dag na een slaaperperiode

- Slaperigheid gemeten na opstaan (ochtendlogboekje), vier maal overdag en begin van de avond (door middel van slaperigheidsstrip) en 's avonds voor het naar bed gaan (avondlogboekje).

De geluidsbelastingsvariabelen die we als onafhankelijke variabelen gebruikt hebben, zijn:

$Lbuspt$:	equivalent geluidniveau op de buitenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer
$Lbispt$:	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer
$Lbi_{bronspt}$:	het uit $Lbuspt$ en bbv afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer door de verkeersbron ($Lbi_{bronspt} = Lbuspt - bbv$)
$Lbibrongeslacht$:	$Lbi_{bronspt} * geslacht$ met man geslacht = 1, en vrouw geslacht = 0

<i>Lbi_onset</i> :	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één inslaaperperiode van een deelnemer
<i>Lbi_bron_onset</i> :	het uit <i>Lbu_onset</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer ($Lbi_bron_onset = Lbu_onset - bbv$)
De geluidsbelastingsvariabelen die we als additionele variabelen gebruikt hebben:	
<i>Lbi_Lbibronspt</i>	equivalent geluidniveau gedurende één slaaperperiode door geluid in de slaapkamer dat niet afkomstig is van de luidere passages die te samen <i>Lbi_bronspt</i> bepalen ^a
<i>p40db</i>	percentage van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur die niet groter zijn dan 40 dB(A)
<i>L90</i>	geluidniveau dat door 90% van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt
<i>Lbi_Lbibron_onset</i>	equivalent geluidniveau gedurende een inslaaperperiode door geluid in de slaapkamer niet afkomstig van de luidere verkeerspassages ^b .

Alle geluidniveaus zijn in dB(A).

Er zijn multivariate multilevel-regressieanalyses uitgevoerd met deelnemer als random factor. Er is éénzijdig getoetst met een significantieniveau van 0,05. De hypothesen luiden steeds dat naarmate de geluidsbelasting toeneemt de effectvariabele minder gunstig wordt (bijvoorbeeld ervaren slaapkwiteit na ontwaken neemt af met toenemende geluidsbelasting gedurende de slaaperperiode, aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken neemt toe met toenemende geluidsbelasting gedurende de slaaperperiode).

6.2 Slaaptijd

6.2.1 Expositie-effectrelaties en factoren die daarop van invloed zijn

6.2.1.1 Motiliteit

Er zijn geen relaties tussen *mspt* of *kspt* en *Lbuspt*. Ook als bron en/of geslacht als dummy variabelen worden ingevoerd zijn er geen statistisch significante relaties. Ook splitsing van gegevens naar bron geeft geen statistisch significante coëfficiënten van de expositiemaat.

Mspt en *kspt* hangen samen met zowel *Lbi_bronspt* als met *Lbispt*. De achtergrondvariabele *p40db* is in elk van de zes relaties een additionele variabele. Dat geldt ook voor *L90* als die variabele als additionele variabele wordt ingevoerd. Vergelijkenderwijs zijn alle modellen met *p40db* als additionele variabele beter dan die met *L90* als additionele variabele. Daarom presenteren we in de hoofdtekst alleen de resultaten voor *p40db*. In bijlage C zijn ook resultaten voor *L90* gegeven.

Geslacht is bij de relaties van *mspt* en *kspt* met *Lbi_bronspt* een effectmodificerende variabele, in de relatie van *mspt* en *kspt* met *Lbispt* een additionele variabele. We hebben ook nagegaan of *p40db*geslacht* in plaats van *p40db* een additionele variabele is. Dat is inderdaad het geval. Zowel voor *mspt* als voor *kspt* is het model met *p40db* iets (niet statistisch significant) beter dan het model met *p40db*geslacht*. Er is dus een lichte voorkeur voor het gepresenteerde model. Overigens is het verschil tussen beide

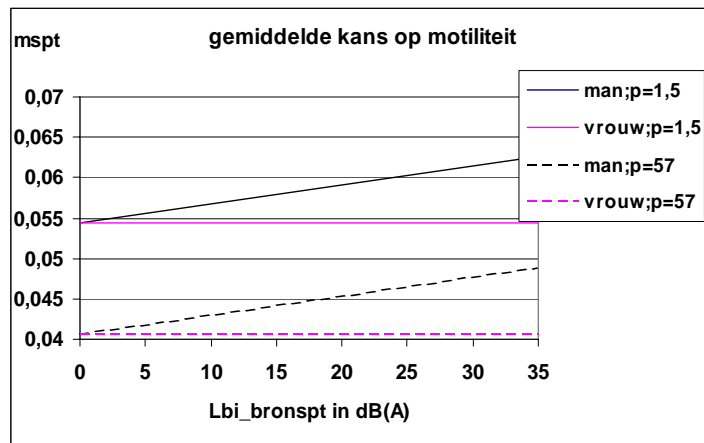
^a In formule: $Lbi_Lbibronspt = 10 \cdot \log [(10^{**}(Lbispt/10) - 10^{**}(Lbi_bronspt/10))]$. Ook zou *Lbi_bgspt* in plaats van *Lbi_bronspt* in de formule gebruikt kunnen worden. De uitkomst is dan vrijwel gelijk als bij gebruik van *Lbi_bronspt*. Het gemiddelde verschil is -0,05 dB(A) en in 1% van de gevallen is dit verschil kleiner dan -1 dB(A). De uitkomsten met gebruik van *Lbi_bronspt* zijn dus hetzelfde als met *Lbi_bgspt*.

^b In formule: $Lbi_Lbibron_onset = 10 \cdot \log [(10^{**}(Lbi_onset/10) - 10^{**}(Lbibron_onset/10))]$.

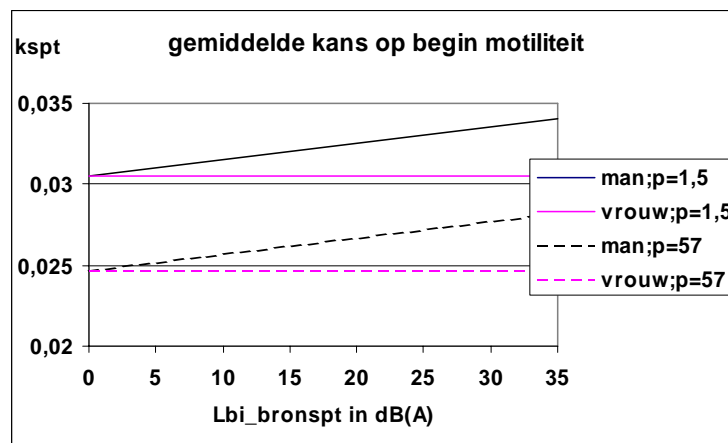
modellen vrijwel nihil. De lijnen voor vrouwen komen een fractie lager te liggen, die voor mannen een fractie hoger.

Bron bleek geen additionele variabele. Dat laatste impliceert dat er geen aantoonbaar verschil is tussen de expositie-effectrelaties voor lokaal/provinciaal wegverkeer, snelwegverkeer en railverkeer.

Aan de gegevens uit het huidige onderzoek hebben we de gegevens van de referentie-locaties uit het GES-onderzoek toegevoegd en opnieuw analyses uitgevoerd. De verkregen regressievergelijkingen van mspt en kspt met *Lbi_bronspt*, *geslacht* en *p40db* verschillen niet essentieel van de regressievergelijkingen zonder de gegevens uit het GES-onderzoek. Toevoeging van de gegevens uit het GES-onderzoek heeft wel tot gevolg dat de range waarover de regressie is bepaald groter is: *Lbi_bronspt* (binnen de 5%- en 95%-waarden) loopt van 0 tot 35 dB(A), in plaats van van 13 tot 35 dB(A), en *p40db* loopt tot 57%, in plaats van tot 52%. Het resultaat voor mspt en kspt met toevoeging van de gegevens uit het GES-onderzoek is in de figuren 6.1 en 6.2 gegeven.



Figuur 6.1 Kans op motiliteit (mspt) als functie van *Lbi_bronspt* voor mannen en vrouwen met *p40db* als additionele variabele. $P = 1,5$ betekent dat 1,5% van de waarden van *Lbu_1s* ten hoogste 40 dB(A) zijn en $p = 57$ dat 57% van de waarden van *Lbu_1s* ten hoogste 40 dB(A) zijn.



Figuur 6.2 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van *Lbi_bronspt* voor mannen en vrouwen met *p40db* als additionele variabele. $P = 1,5$ betekent dat 1,5% van de waarden van *Lbu_1s* ten hoogste 40 dB(A) zijn en $p = 57$ dat 57% van de waarden van *Lbu_1s* ten hoogste 40 dB(A) zijn.

Uit de bovenstaande figuren blijkt dat bij vrouwen motiliteit en begin van motiliteit niet afhangt van *Lbi_bronspt* en bij mannen wel. De toename in motiliteit en begin van

motiliteit over een slaaperperiode wordt bij mannen over de onderzochte bereiken sterker beïnvloed door *p40db* dan door *Lbi_bronspt* (bijvoorbeeld toename *mspt* bij mannen over het bereik van *p40db* 0,014, over het bereik van *Lbi_bronspt* 0,009).

Met behulp van de regressievergelijkingen van *mspt* en van *kspt* als functie van *Lbi_bronspt*, *geslacht* en *p40db* hebben we per deelnemersnacht *mspt* (*mspt_berekend*) en *kspt* (*kspt_berekend*) over de slaaptijd van een deelnemer berekend. Deze waarden hebben we vervolgens gemiddeld per locatie per geslacht (16 deelgroepen: 8 locaties * 2 geslacht) en vergeleken met de gemiddelde waarden van de waargenomen *mspt* (*mspt_gemeten*) en *kspt* (*kspt_gemeten*). De lineaire regressieanalyse van *mspt_berekend* op *mspt_gemeten* per locatie*geslacht met het aantal waarnemingen per locatie*geslacht als weegfactor, geeft R gelijk aan 0,741; voor *kspt* hebben we R = 0,735 berekend. Deze relatief hoge waarden van R impliceren dat de onafhankelijke variabelen in het model goed in staat zijn om veranderingen in *mspt* en *kspt* te verklaren.

Er zijn statistisch significante relaties tussen *Lbispt* en (over een slaaperperiode gemiddelde) motiliteit en begin van motiliteit, waarbij *p40db* additionele variabele is en geslacht effectmodificerende variabele (zie de figuren C5 en C6). *Lbispt* heeft daarbij niet alleen effect op motiliteit van mannen, maar ook van vrouwen.

We hebben ook nagegaan of er een statistisch significante relatie is tussen *Lbi_Lbibronspt* (*geluidsbelasting niet door verkeerspassages*) en (begin van) motiliteit. Dat is inderdaad het geval. Geslacht is daarbij een additionele variabele; bij mannen is motiliteit en begin van motiliteit hoger dan bij vrouwen; de verschillen tussen mannen en vrouwen zijn respectievelijk 0,006 en 0,004 (en onafhankelijk van *Lbi_Lbibronspt*).

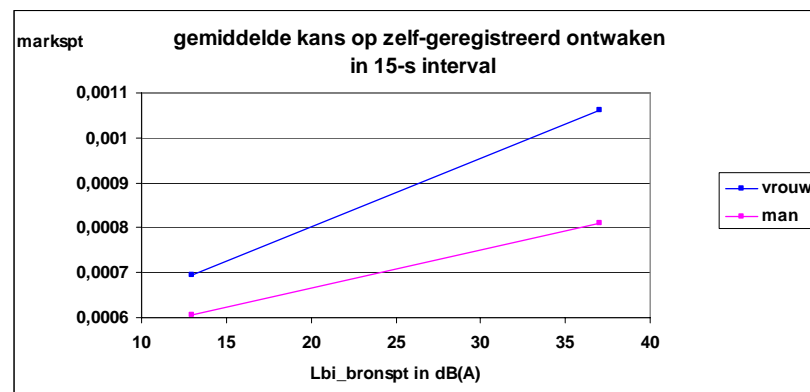
Als *Lbi_Lbibronspt* gelijk is aan 0, dan is de gemiddelde motiliteit globaal gelijk aan het gemiddelde van begin van motiliteit. Met toenemende *Lbi_Lbibronspt* neemt de gemiddelde motiliteit en het gemiddelde van begin van motiliteit toe en bij *Lbi_Lbibronspt* gelijk aan 23 dB(A) (de waarde die door 5% van de waarden van *Lbi_Lbibronspt* wordt overschreden) is de toename van motiliteit 40% van het totaal gemiddelde van de motiliteit en 15% van het totaal gemiddelde van het begin van motiliteit. Dat houdt in dat de duur van de motiliteit toeneemt met *Lbi_Lbibronspt*, en bij lage belasting niet langer duurt dan 15 seconden, en motiliteit bij de hoogste geluidsbelasting niet afkomstig van de bron ongeveer 75 seconden aanhoudt.

We hebben alleen de relatie van *mspt* en *Lbi_bronspt* (met *p40db* als additionele variabele) op additionele, effectmodificerende en verstorende variabelen onderzocht. Zoals reeds genoemd, is geslacht een effectmodificerende variabele, en verder is *Lbi_Lbibronspt* een verstorende variabele en zoals uit het vorige moge blijken een hele belangrijke. Het totale effect op *mspt* wordt voor 38% verklaard door *Lbi_Lbibronspt*: geluid in de slaapkamer dat niet van de luidere passages afkomstig is. Ook zijn de volgende drie variabelen additionele variabelen: 'al dan niet depressief zijn (verkorte CES-D²⁹)', 'al dan niet in heden of verleden aan slapeloosheid lijden of geleden hebben', 'geluidsgevoeligheid (volgens de verkorte lijst van Weinstein⁴⁵)'. Depressieve personen hebben een gemiddelde motiliteit gedurende de slaaperperiode die 0,010 (19% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan personen die niet depressief zijn, degenen die in heden of verleden slapeloos zijn/waren hebben een motiliteit die 0,023 (43% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan zij die dit niet zijn/waren, en de meest geluidsgevoelige een motiliteit die 0,011 (20% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan de minst geluidsgevoelige.

We hebben ook nagegaan of de meetnacht van invloed is op de relatie tussen *Lbi_bronspt* en *mspt*. Daartoe hebben we een dummy variabele ‘al dan niet de eerste meetnacht’ aan het model toegevoegd en nagegaan of deze dummy variabele van invloed is. Dat is niet het geval. Dat betekent dat de eerste nacht dat met actimeters om de pols geslapen werd, en ook de eerste nacht met diverse facetten die mogelijk anderszins van invloed zouden kunnen zijn geweest op de nachtrust (geluidsmeters in de slaapkamer; bij een deel van de deelnemers voor het eerst slapen met dat met de hartslagkastjes; avondlogboekje ingevuld; op tijd op de marker drukken; bezoek gehad van een veldwerker voor de laatste instructies en van een akoestisch assistent om de geluidsmeters te plaatsen overdag of aan het begin van de avond), motiliteit tijdens de slaap niet anders was dan op de overige vijf nachten. We concluderen hieruit dat een ‘eerste nacht effect’ niet is opgetreden^a.

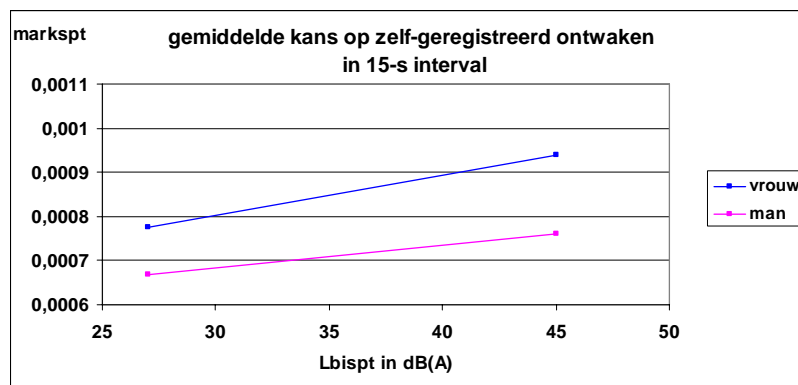
6.2.1.2 Zelf-geregistreerd ontwaken

We hebben vastgesteld dat de gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval statistisch significant toeneemt met *Lbi_bronspt*, en niet met *Lbispt*. Geslacht is effectmodificerende variabele. In figuur 6.3 is het verband tussen gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken en *Lbi_bronspt* gegeven met geslacht als effectmodificerende variabele. De kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval moet om de kans over een slaaptijd van 7,5 uur (de gemiddelde slaaptijd van de deelnemers) te berekenen met 1800 worden vermenigvuldigd. Een kans van 0,001 in een 15-s interval komt dus overeen met 1,8 maal zelf-geregistreerd ontwaken in een slaaperiode van 7,5 uur. Bij dezelfde geluidsbelasting is de kans op zelf-geregistreerd ontwaken bij vrouwen groter dan bij mannen. De kans op zelf-geregistreerd ontwaken neemt over de gehele geluidsbelastingsbereik bij mannen met ongeveer een factor 1,3 toe, bij vrouwen met ongeveer een factor 1,5.



Figuur 6.3 De relatie tussen zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval en *Lbi_bronspt* met geslacht als effectmodificerende variabele.

^a De analyse met de deelnemers aan de hartslagmetingen gaven ook geen ‘eerste nachts-effect’ op de hartslag te zien.



Figuur 6.4 De gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval als functie van $Lbispt$ met geslacht als effectmodificerende variabele.

Bij $Lbi_bronspt$ gelijk aan 0 dB(A) (afwezigheid van verkeersgeluid door passages) is de gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken voor mannen en vrouwen gelijk aan 0,0005 (bij een gemiddelde slaaptijd van 7,5 uur 0,9 maal zelf-geregistreerd ontwaken). Uit vergelijking van de figuren 6.3 en 6.4 blijkt dat zelf-geregistreerd ontwaken een sterker verband heeft (dat wil zeggen over het geluidsbelastingsbereik meer verandert) met $Lbi_bronspt$ dan met $Lbispt$.

We hebben ook de relatie tussen $Lbi_Lbibronspt$ (geluidsbelasting niet door de verkeerspassages) en $markspt$ onderzocht met geslacht als dummy variabele. De coëfficiënt van $Lbi_Lbibronspt$ bleek niet statistisch significant. Dat houdt in dat we niet hebben kunnen aantonen dat geluid in de slaapkamer dat niet afkomstig is van de verkeerspassages leidt tot zelf-gerapporteerd ontwaken. De toename in de kans op zelf-geregistreerd ontwaken in figuur 6.4 wordt dus globaal veroorzaakt door het geluid van de verkeerspassages.

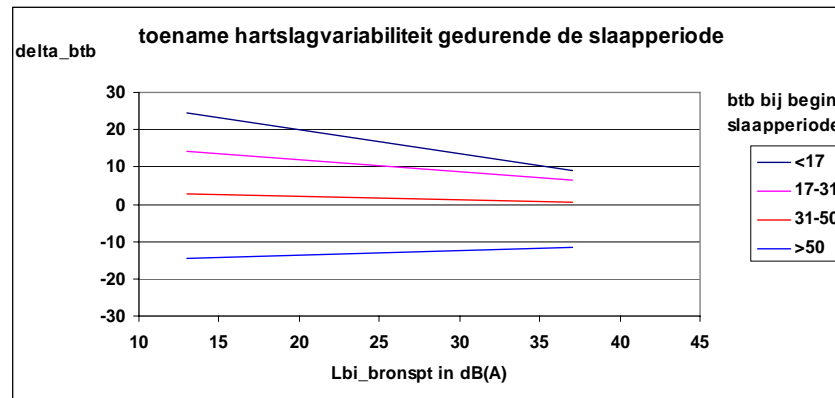
6.2.1.3 Hartslag

We hebben geen relatie kunnen vaststellen tussen de geluids- en gemiddelde hartslagvariabelen (hartslagfrequentie, IBI, en variabiliteit in IBI in 5-minuten intervallen). We hebben ook onderzocht of er een relatie is tussen de geluidsbelasting gedurende de slaaperiode ($Lbi_bronspt$) en $delta_h$, $delta_IBI$, en $delta_btb$. We hebben geen relatie gevonden tussen de verandering in de hartslagfrequentie ($delta_h$) en de verandering in IBI ($delta_IBI$) in de loop van de slaaperiode en de geluidsbelasting. Wel zijn $delta_h$ en $delta_IBI$ afhankelijk van de hartslagfrequentie en IBI aan het begin van de slaaperiode. Die afhankelijkheid is gegeven in tabel 6.1

Tabel 6.1 Gegevens over de verandering in hartslagfrequentie en in IBI voor vier klassen van hartslagfrequentie en van IBI.

klasse van h (in slagen/minuut) aan het begin van de slaaperiode	gemiddelde $delta_h$ (in slagen/minuut)	klasse van IBI (in ms) aan het begin van de slaaperiode	gemiddelde $delta_IBI$ (in ms)
< 59,4	4,2	< 800	130
59,4-65,9	0,1 (n.s)	800 - 910	51
65,9-74,9	-2,8	910 - 1010	9 (n.s.)
>=74,9	-10,8	>= 1010	-62

In figuur 6.5 is het resultaat gegeven voor de variabiliteit in IBI. De onderste twee lijnen hebben een niet-significante regressiecoëfficiënt van $Lbi_bronspt * btb$.



Figuur 6.5 Verschil in gemiddelde variabiliteit in IBI over de laatste vijf minuten van de slaaperiode en die over de eerste vijf minuten van de slaaperiode (Δbtb) als functie van $Lbi_bronspt$ voor vier deelgroepen, ingedeeld naar de gemiddelde variabiliteit in IBI over de eerste vijf minuten van de slaap. Labels van btb en Δbtb in ms.

Figuur 6.5 kan als volgt begrepen worden. De deelnemers zijn ingedeeld in vier deelgroepen, afhankelijk van de variabiliteit in IBI aan het begin van de slaaperiode. Een lage waarde van deze variabiliteit betekent een balans tussen sympathicus en parasympaticus met een grote sympathische invloed en een geringe parasympatische invloed (veel stress). Een hoge waarde van de variabiliteit in IBI betekent een geringe sympathische en een grote parasympatische invloed (relaxed). Bij een lage waarde van $Lbi_bronspt$ gaat voor elke deelgroep de variabiliteit in IBI aan het eind van de slaaperiode gemiddeld ongeveer naar 40 ms. Bij een hoge waarde van $Lbi_bronspt$ neemt voor de aan het begin van de slaap meest gestresste personen de variabiliteit in IBI veel minder toe dan bij een lage geluidsbelasting: de variabiliteit in IBI gaat ongeveer naar 25 ms. Voor de tweede deelgroep gaat de variabiliteit in IBI ongeveer naar 30 ms en voor de twee relaxte deelgroepen is de variabiliteit in IBI aan het eind van de slaaperiode gemiddeld 40 ms. Dat impliceert dus dat de deelnemers die met stress gaan slapen, bij een hoge geluidsbelasting gedurende de slaaperiode aan het eind van deze periode niet in een volledig ontspannen situatie terecht zijn gekomen, terwijl dat wel het geval is bij de aan het begin van de slaap gestresste deelnemers met een lagere geluidsbelasting door de bron.

6.2.1.4 Logboekjes

Alle variabelen uit de logboekjes hebben we gerelateerd aan de geluidsmaten. Er bleken drie statistisch significante relaties met $Lbispt$, en wel van moeite met inslapen, mate van uitgerust zijn en slaapkwaliteit s'morgens na het opstaan, en we vonden geen statistisch significante relaties met $Lbi_bronspt$.

6.2.2 Associaties van effectvariabelen

6.2.2.1 Motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken

Motiliteit (zowel $mspt$ als $kspt$) en zelf-geregistreerd ontwaken hangen zeer sterk samen. Bij gelijke motiliteit is bij vrouwen de kans op zelf-geregistreerd ontwaken 0,0002 per 15 seconden hoger. Voor een slaaperiode van 7,5 uur impliceert dit dat bij gelijke motiliteit een vrouw bijna 0,4 maal vaker tussentijds ontwaken aangeeft. Als $mspt$ toeneemt van de waarde die door 5% van de waarden wordt overschreden tot de

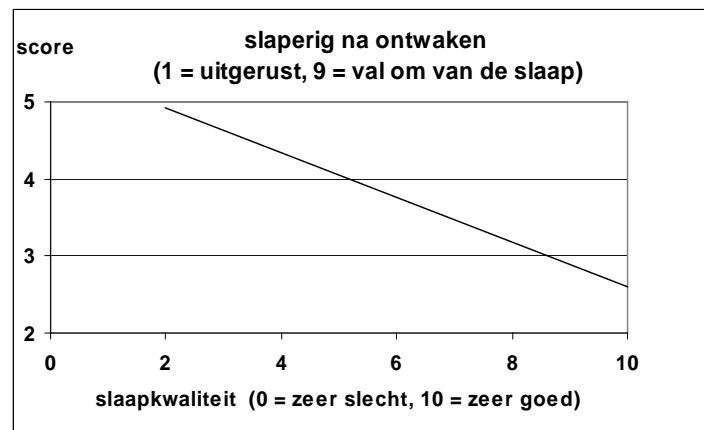
waarde die door 95% wordt overschreden neemt de kans op zelf-geregistreerd ontwaken bij mannen toe van 0,0005 tot 0,0009 per 15 seconden en bij vrouwen van 0,0007 tot 0,0011 per 15 seconden (over een slaaperperiode van 7,5 uur bij mannen van ongeveer 0,9 tot 1,6 maal per slaaperperiode, en bij vrouwen 1,3 tot 2,0 maal per slaaperperiode). Deze toenames zijn ongeveer gelijk aan de toename bij toenemende geluidsbelasting over het geluidsbelastingsbereik van *Lbi_bronspt*.

6.2.2.2 *Motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken enerzijds en hartslagvariabelen anderzijds*

Er is een samenhang tussen aan de ene kant mspt en kspt en aan de andere kant IBIspt en hspt. Als mspt toeneemt van de waarde die door 5% van de waarden wordt overschreden tot de waarde die door 95% wordt overschreden neemt de hartslag toe met 5 slagen per minuut. Bij vrouwen is de hartslag bij dezelfde motiliteit 9 slagen per minuut hoger dan bij mannen.

6.2.2.3 *Variabelen uit logboekjes*

Een groot aantal variabelen uit de avond- en ochtendlogboekjes hangt met elkaar samen. In tabel 6.2 (zie ook tabel C5) is daarvan een overzicht gegeven. Geslacht is bij de samenhang geen additionele variabele. Slaapkwaliteit (mo20) hangt met negen van de tien andere variabelen samen. De sterkste samenhang is tussen slaapkwaliteit en mate van slaperigheid na ontwaken. Deze samenhang hebben we in figuur 6.6 weergegeven. De figuur geeft aan dat als men de slaapkwaliteit als uitstekend beoordeelt, men zich de volgende ochtend uitgerust voelt. Als men de slaapkwaliteit als slecht beoordeelt voelt men zich bij het opstaan niet geheel uitgerust.



Figuur 6.6 Associatie tussen slaperigheid na ontwaken en slaapkwaliteit.

Tabel 6.2 Associaties tussen gegevens uit avond- en ochtendlogboekjes. De significante associaties, in de verwachte richting, zijn met een kruisje aangegeven.

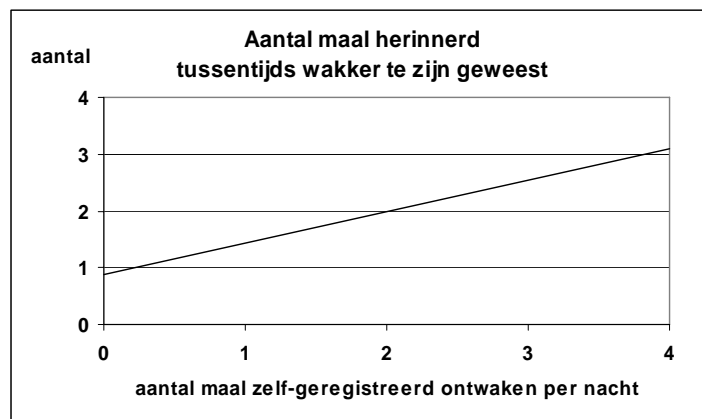
Variabelen	variabelen uit avond- en ochtendlogboekjes										
	av1	av6	av7	av10	mo2	mo6	mo9	mo10	mo11	mo11#	mo20
av1			x		x					x	x
av6			x		x					x	
av7	x	x		x	x	x	x				x
av10			x			x	x				x
mo2	x	x	x			x		x	x	x	x
mo6			x	x	x		x	x	x	x	x
mo9bin			x	x		x					x
mo10bin					x	x					x
mo11bin					x	x					x
mo11keer	x	x			x	x					x
mo20	x		x	x	x	x	x	x	x	x	
verticaal	horizontaal										
av1			slaperig 's avonds								
av6			hinder door geluiden in omgeving vandaag								
av7			hinder door geluiden in omgeving vanavond								
av10			verwachting niet (in)slapen								
mo2			slaperig na ontwaken								
mo6			moeite met inslapen								
mo9bin	mo9		gebruik slaappil								
mo10bin	mo10		gebruik gehoorbescherming								
mo11bin	mo11		vannacht wakker geworden								
mo11keer	mo11#		aantal keer tussentijds wakker geworden								
mo20			slaapkwaliteit								

6.2.2.4 Motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken enerzijds en variabelen uit logboekjes anderzijds

In tabel 6.3 hebben we de statistisch significante associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit de logboekjes opgenomen. De associatie tussen zelf-geregistreerd ontwaken en herinnerd aantal maal tussentijds ontwaken is het sterkst. Deze associatie is gedemonstreerd in figuur 6.7. Als het aantal zelf-geregistreerde ontwakingen toeneemt van 0 tot 4, neemt het aantal herinnerde tussentijds ontwakingen toe van 0,9 tot 3,1. Dat impliceert globaal dat als men niet op de marker heeft gedrukt men zich 's morgens toch herinnert één keer wakker te zijn geweest, en als men vier maal op de marker heeft gedrukt, herinnert men zich drie keer wakker te zijn geweest.

Tabel 6.3 Associaties tussen mspt, kspt en markspt en variabelen uit logboek of vragenlijst. De significante associaties zijn met een kruisje aangegeven.

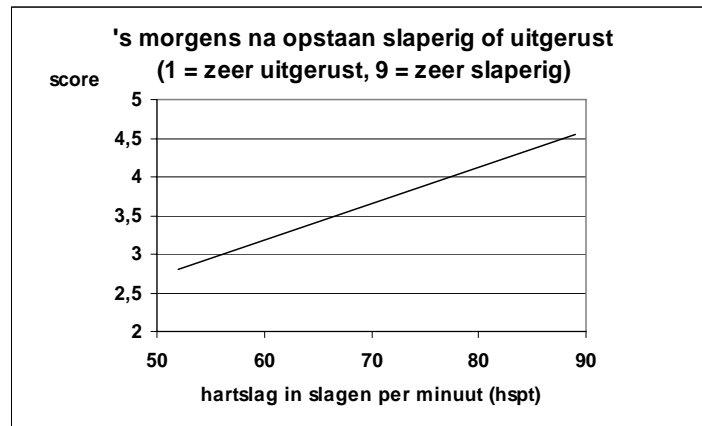
omschrijving variabele uit logboek of vragenlijst	mspt	kspt	markspt
geluidhinder 's avonds	x	x	x
mate van uitgerust zijn 's morgens	x	x	x
slaapkwaliteit uit logboek	x	x	x
Tussentijds wakker geweest			x
aantal maal tussentijds wakker geweest	x	x	x
verkeersgeluiden bemoeilijken inslapen	x	x	x
gebruik gehoorbescherming	x		



Figuur 6.7 Associatie tussen 's morgens herinnerd aantal tussentijdse ontwakingen gedurende een slaaperiode en aantal zelf-geregistreerde ontwakingen per slaaperiode: $\text{aantal maal herinnerd} = 0,89 + 0,55 * \text{aantal maal zelf-geregistreerd}$; $t=21,9$.

6.2.2.5 Hartslagvariabelen en variabelen uit logboekjes

We hebben een associatie vastgesteld in de verwachte richting van hspt en IBI_{spt} met slaperig of uitgerust zijn na ontwaken (mo₂) en van hspt en variabiliteit in IBI (btbspt) met slaapkwaliteit. In figuur 6.8 is de associatie tussen hartslag en mate van uitgerust zijn weergegeven. Hoe sneller de hartslag tijdens de slaaperiode (meer sympatische invloed), hoe minder men zich de volgende ochtend uitgerust voelt.



Figuur 6.8 Associatie tussen gemiddelde hartslag tijdens de slaaperiode en mate van slaperig zijn na ontwaken ($t=2,99$).

6.2.3 Verschillen tussen nachten vóór werkdagen en vóór weekenddagen

In het gedeelte van het projectvoorstel dat handelt over motiliteit hebben we gesteld: “Naar verwachting zal er op de meeste in aanmerking komende locaties een groot verschil zijn in de nachtelijke geluidsbelasting op doordeweekse en weekendnachten (vrijdag- en zaterdagnacht). Dit achten we van belang om onderscheid te kunnen maken tussen effecten van één slaaperiode en langetermijneffecten.”

De tekst uit het projectvoorstel roept twee vragen op, die we op basis van de ons ter beschikking staande gegevens willen beantwoorden:

1. Is er een verschil tussen de geluidsbelasting op nachten vóór werkdagen met die op nachten vóór weekenddagen?
2. Als er een verschil is in geluidsbelasting, hoe werkt dit dan uit op de motiliteit en het begin van motiliteit gedurende de slaaperiode?

Ad 1. Er blijken inderdaad verschillen te zijn in de geluidsbelastingen op nachten voor werkdagen en op nachten voor weekenddagen. Dit hebben we bepaald in een multilevel-analyse met deelnemer als random factor, *Lbi_bronspt* als onafhankelijke variabele en ‘soort nacht’ als afhankelijke variabele. Op nachten vóór werkdagen is *Lbi_bronspt* 1,6 dB(A) hoger dan op nachten vóór weekenddagen. Als we uit de regressievergelijkingen berekenen wat het effect is van een toename van *Lbi_bronspt* van 1,6 dB(A) op *mspt* en op *kspt*, dan is dit voor mannen een toename van 0,0005 in *mspt* en van 0,0004 in *kspt*, en voor vrouwen geen toename.

Ad 2. Om die vraag te beantwoorden hebben we in het model gebaseerd op de hiervoor gepresenteerde expositie-effectrelaties tussen *Lbi_bronspt* en *mspt* (en *kspt*) met geslacht als effectmodificerende variabele en *p40db* als additionele variabele, een dummy variabele ‘soort nacht’ ingevoerd. Uit de analyses bleek dat er geen significant verschil is in (begin van) motiliteit tussen de twee soorten nachten. De beide coëfficiënten van de dummy variabele voor ‘soort nacht’ hebben een significantieniveau van ongeveer 0,08. We hebben ook geen statistisch significante verschillen kunnen aantonen als er vier dummy variabelen werden ingevoerd op basis van de combinatie van ‘geslacht en soort nacht’. We hebben wel significante verschillen gevonden als we de geluidsbelastingsvariabelen niet in het model meenemen. Tussen mannen en vrouwen is er een verschil in *mspt* en *kspt*, en voor vrouwen is er geen verschil in *mspt* en in *kspt* bij verschil van ‘soort nacht’, voor mannen wel.

We hebben de volgende resultaten voor mspt en kspt gevonden:

<i>waargenomen</i>	<i>mspt</i>	<i>kspt</i>
man, nacht vóór werkdag	0,058	0,0324
man, nacht vóór weekenddag	0,056	0,0319
Vrouw	0,050	0,0279

Daarmee is er volledige overeenstemming voor vrouwen tussen de berekende en waargenomen relatie. De *waargenomen* toename van mspt en kspt bij mannen op nachten vóór werkdagen ten opzichte van nachten vóór weekenddagen van respectievelijk 0,002 en 0,005 komt redelijk goed overeen met de in Ad.1. *berekende* waarden van respectievelijk 0,005 en 0,004.

Uit het bovenstaande concluderen we dat er een klein verschil is in de geluidsbelasting op beide soorten nachten en dat dit verschil het kleine verschil in mspt en kspt op de twee soorten nachten voldoende goed verklaard. Door het kleine verschil in geluidsbelasting op beide soorten nachten is het niet mogelijk om uitspraken te doen over eventuele tijdelijke en permanente componenten in mspt en kspt.

6.3 Inslaaperiode

In paragraaf 4.2 hebben we reeds aangegeven op welke wijze de duur van de inslaaperiode bepaald is. In deze paragraaf beschouwen we expositie-effectrelaties van variabelen tijdens de inslaaperiode en factoren die op die relaties van invloed zijn.

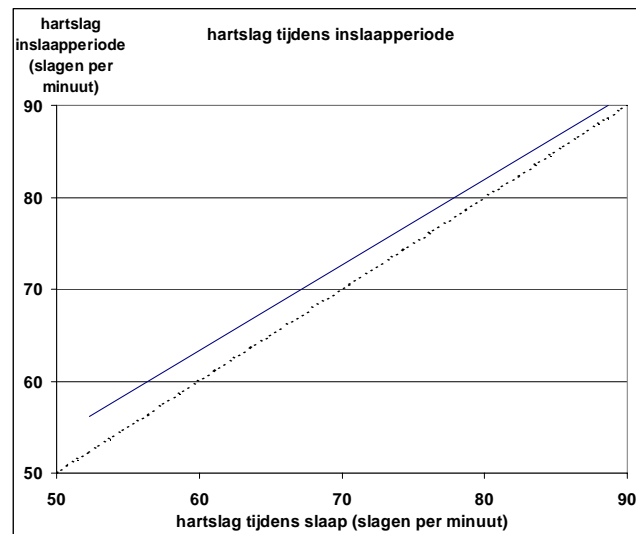
6.3.1 *Expositie-effectrelaties*

Er is een statistisch significante relatie van duur inslaaperiode met *Lbi_bron_onset*, *Lbi_onset*, en *Lbi_Lbibron_onset*, en niet met *Lbu_onset*. Als *Lbi_bron_onset* toeneemt van 12 tot 35 dB(A) (respectievelijk de 5%- en 95%-waarde van *Lbi_bron_onset*), neemt de inslaaperiode toe met ruim vier minuten van bijna 17 tot ruim 21 minuten. Omdat er ook een samenhang is tussen *Lbi_bron_onset* en *Lbi_Lbibron_onset*, is *Lbi_Lbibron_onset* een versturende variabele van deze relatie. De toename in de inslaaperiode met *Lbi_bron_onset* wordt voor 48% verklaard uit de toename van de inslaaperiode met *Lbi_Lbibron_onset*.

We hebben geen statistisch significante relaties tussen de geluidsvariabelen en de gemiddelde hartslagvariabelen tijdens de inslaaperiode kunnen vaststellen.

6.3.2 *Associaties*

Er is een zeer significante relatie tussen de gemiddelde hartslag tijdens de inslaaperiode en de gemiddelde hartslag tijdens de slaap. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde IBI's. In figuur 6.9 is de samenhang tussen de gemiddelde hartslagen gedurende beide perioden gegeven. De hartslag is tijdens het inslapen iets hoger dan tijdens de slaap. Kennelijk neemt de sympatische invloed tijdens de slaap af.



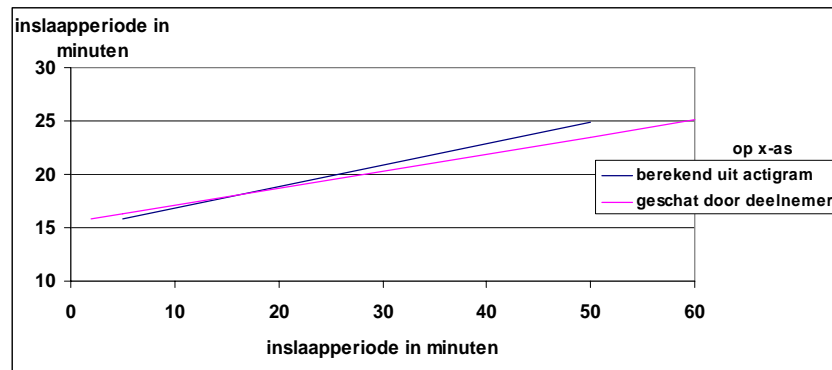
Figuur 6.9 De samenhang tussen de gemiddelde hartslag tijdens de slaap en die tijdens de inslaaperperiode. De lijn $\text{hartslag} = \text{hartslag}$ is in de figuur onderbroken weergegeven.

Tussen enerzijds de variabelen ‘duur van de inslaaperperiode, gemiddelde hartslag tijdens de inslaaperperiode, en gemiddelde IBI tijdens de inslaaperperiode’ en anderzijds alle relevante variabelen uit de logboekjes, en de daaruit afgeleide variabelen, is de correlatie bepaald. Het resultaat is opgenomen in tabel 6.3. In het geval van een statistisch significante correlatiecoëfficiënt tussen twee variabelen is een multilevel-regressieanalyse uitgevoerd met deelnemer als random factor. De twee vraagtekens hebben we in de tabel geplaatst om aan te geven dat het naar onze mening meer te verwachten is dat de correlatiecoëfficiënt een ander teken zou hebben.

Tabel 6.3 Associaties tussen gemiddelde hartslag, gemiddelde IBI tijdens de inslaaperperiode, duur van de inslaaperperiode, en variabelen uit de logboekjes. De significante associaties zijn met het teken van de correlatiecoëfficiënt aangegeven.

omschrijving variabele uit logboek	h_onset	IBI_onset	duur inslaaperperiode
mate van slaperigheid 's avonds	+?	-?	-
verwachting niet te kunnen inslapen			+
moeite met inslapen	+		+
geschat aantal minuten tot inslapen	+	-	+
gebruik slaapmiddel			+
slaapkwaliteit uit logboek	-	+	-

In figuur 6.10 hebben we de door de deelnemer geschatte inslaaperperiode (geschat door deelnemer) in verband gebracht met de inslaaperperiode die we hebben bepaald uit het actigram en de marker (berekend uit actigram). We hebben twee regressiemodellen berekend, één model met ‘berekend uit actigram’ als onafhankelijke variabele (x-as) en één met ‘geschat door deelnemer’ als afhankelijke variabele (y-as) en vice versa. Omdat het verband tussen beide variabelen zeer sterk is, is er weinig verschil tussen beide rechten. De geschatte inslaaperperiode neemt toe met de berekende inslaaperperiode en vice versa. Op 18,5 minuut zijn berekende en geschatte waarde gelijk. Bij kortere en langere inslaaperperiodes blijken er aanmerkelijke verschillen tussen gemiddelde berekende en gemiddelde geschatte duur van deze periodes.



Figuur 6.10 De verbanden tussen de door de deelnemer geschatte duur van de inslaaperiode en de inslaaperiode zoals bepaald uit actigram en het indrukken van de marker op het tijdstip van slapen gaan.

6.4 Tijd na het slapen

6.4.1 Slaperigheidsstrips

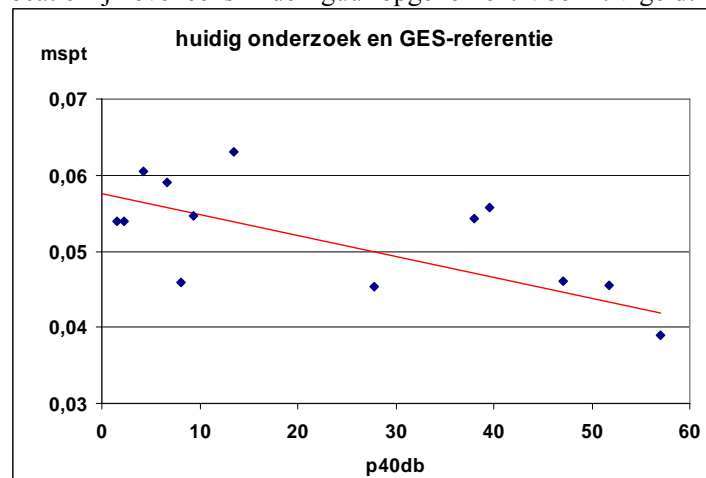
Op vijf tijdstippen van de dag en avond (ongeveer 10.00, 12.30, 15.00, 17.30, 20.00 uur) is de slaperigheidsstrip ingevuld over de mate van slaperigheid/vermoeidheid. We hebben geen statistisch significante relatie met de geluidsbelastingen op de nacht ervoor kunnen vaststellen.

6.5 Discussie en aanvullende analyses

6.5.1 Motiliteit

6.5.1.1 Belang van achtergrondniveaus voor (begin van) motiliteit

De belangrijke bevinding in dit hoofdstuk is het feit dat de achtergrondparameter $p40db$ (en $L90$) zo'n groot effect heeft op motiliteit en begin van motiliteit. Dat hebben we nogmaals geïllustreerd in figuur 6.11, waarbij we in het (multi-level) model alleen $p40db$ als onafhankelijke variabele en de individuele waarden van mspt per deelnemer als afhankelijke variabele genomen hebben. De gemiddelde waarden van mspt per locatie zijn eveneens in de figuur opgenomen. Voor $L90$ geldt een vergelijkbare figuur.



Figuur 6.11 mspt als functie van $p40db$. De gemiddelde waarden van mspt per locatie zijn eveneens in de figuur opgenomen.

6.5.1.2 *Verskil in motiliteit bij mannen en vrouwen*

In het huidige onderzoek is gebleken dat bij vrouwen de geluidsbelasting door verkeerspassages geen effect op gemiddelde motiliteit heeft. Als we de geluidsbelasting in de slaapkamer door ander geluid dan de verkeerspassages beschouwen, is er wel een toename met de geluidsbelasting in gemiddelde motiliteit bij vrouwen. Deze verhoging van motiliteit is iets geringer bij vrouwen dan bij mannen. Dit suggereert dat vrouwen niet gevoelig zijn voor geluid door verkeerspassages en bijna even sterk reageren als mannen bij geluiden die niet van verkeer, maar van binnen, afkomstig zijn. We komen hier in hoofdstuk 9 op terug.

6.5.1.3 *Invloed momentane motiliteit op gemiddelde motiliteit.*

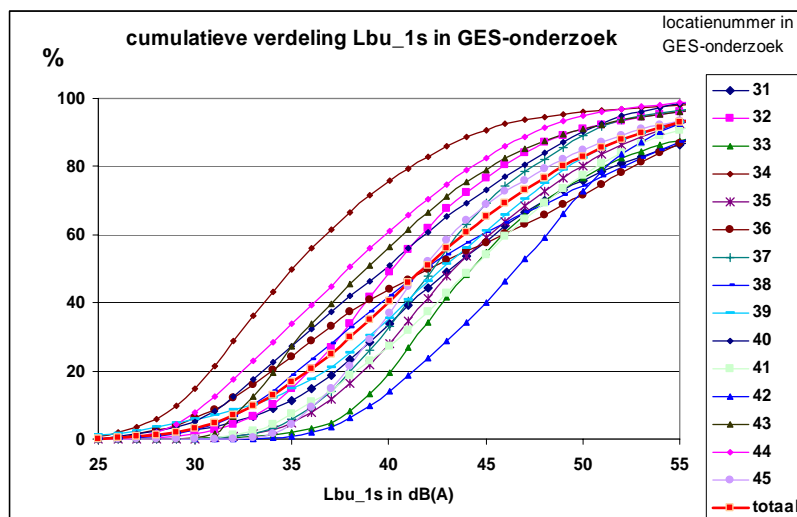
We hebben voor drie locaties met lokaal/provinciaal wegverkeer een schatting gemaakt van de bijdrage van momentane extra motiliteit aan de gemiddelde motiliteit; deze schattingen hebben we niet gemaakt voor snelwegverkeer, want op de betreffende locaties is het aantal gedetecteerde passages zeer gering. Het betreft de locaties 41, 44, en 47, met een gemiddelde motiliteit van respectievelijk 0,063, 0,059 en 0,055 (gemiddeld 0,059) en per zes nachten (van vier uur) respectievelijk 240, 450, en 70 gedetecteerde passages^a. Het resultaat van de schatting van het aandeel van momentane motiliteit tot totale motiliteit is voor de locaties 41, 44, en 47 respectievelijk 0,6, 2,2, en 0,5%. De hoge motiliteit in het huidige onderzoek wordt dus niet veroorzaakt door de momentane component ten gevolge van verkeerspassages. Voor ongeveer de helft kan het verschil op de locaties 41, 44, en 47 verklaard worden door *p40db*: *p40db* is gemiddeld 10 over de drie locaties (respectievelijk 9, 13, en 7) en voor de referentielocaties 57. Het verschil vermenigvuldigd met de coëfficiënt van *p40db* in de expositie-effectrelatie levert een verschil in gemiddelde motiliteit door het verschil in *p40db* van 0,011, hetgeen ongeveer de helft is van 0,020.

6.5.1.4 *Vergelijking motiliteit in GES-onderzoek (alle locaties) en huidig onderzoek*

In het volgende vergelijken we de uitkomsten over motiliteit uit het huidige onderzoek met de resultaten op alle locaties uit het GES-onderzoek (dus niet alleen de referentielocaties). Een uiteindelijk model in het huidige onderzoek is samengesteld uit vier variabelen: (bijvoorbeeld) *mspt*, en als onafhankelijke en additionele of effectmodificerende variabelen *Lbi_bronspt*, *p40db*, en *geslacht*.

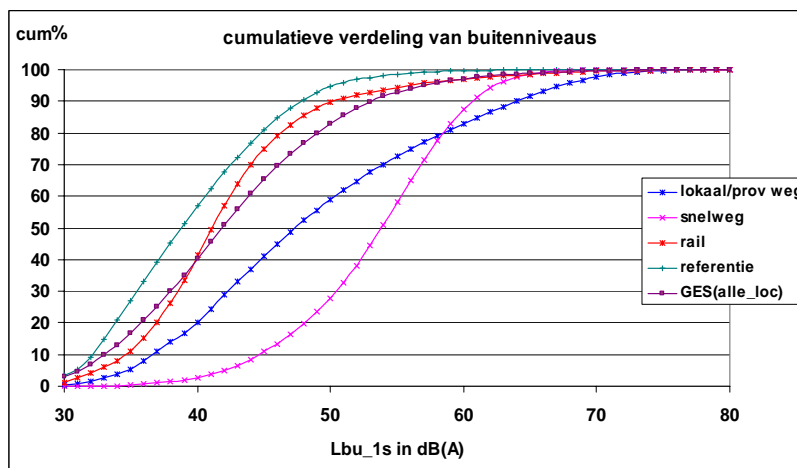
Om *p40db* te berekenen hebben we de cumulatieve verdelingen van *Lbu_1s* tussen 23 en 7 uur per GES-locatie bepaald. Het resultaat is gegeven in figuur 6.12.

^a Op basis van gemiddelde *Lbi_bronspt*, *gemiddelde duur passages*, en de relatie van *SEL_bbv* met extra kans op motiliteit hebben we berekend wat de bijdrage van extra motiliteit is van de verkeerspassages is. Daarbij hebben we het totaal aantal verkeerspassages over een gemiddelde slaapperiode van 7,5 uur geschat als drie maal het aantal passages gedurende de vier beschouwde uren per nacht.



Figuur 6.12 Cumulatieve verdeling van Lbu_{1s} van de vijftien GES-locaties en van alle locaties te samen (totaal).

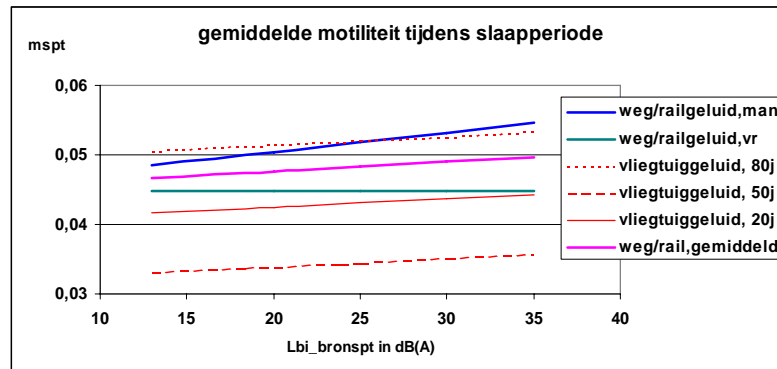
Uit figuur 6.12 blijkt een aanzienlijke spreiding in de cumulatieve verdelingen. Van de 15 onderzochte locaties zijn er twee met een $p40db$ van ten hoogste 20 en twee met tenminste 60. Geen van de 15 locaties heeft een zo lage $p40db$ als we in het huidige onderzoek voor de snelweglocaties berekend hebben. De cumulatieve verdeling die op alle waarnemingen berust lijkt sterk op die van de raillocaties uit het huidige onderzoek, zoals uit figuur 6.13 blijkt. In de verdeling die op alle waarnemingen berust is $p40db$ gelijk aan 40.



Figuur 6.13 Vergelijking van de cumulatieve verdeling van Lbu_{1s} die berust op alle waarnemingen tussen 23 en 7 uur in het GES-onderzoek op 15 locaties en de verdelingen in het huidige onderzoek.

Vervolgens hebben we met de vier bovengenoemde variabelen modellen bepaald uit de GES-gegevens. In het GES-onderzoek bleek dat leeftijd en leeftijd² additionele variabelen in de modellen waren, en geslacht niet. In het model dat we nu hebben afgeleid blijkt dat opnieuw het geval te zijn. Weliswaar geeft een ander model met $Lbi_{bronspt} * man$ ook significante regressiecoëfficiënten, maar dat model is minder goed dan het uiteindelijke model zonder geslacht. Uit de analyses van de GES-gegevens bleek dat de coëfficiënt van $p40db$ niet statistisch significant is. In figuur 6.14 is een vergelijking gemaakt tussen het resultaat uit het huidige onderzoek en dat uit het GES-onderzoek. Het resultaat uit het huidige onderzoek is gegeven voor $p40db$

gelijk aan 40, omdat dat de waarde van $p40db$ is die berust op alle waarnemingen in het GES-onderzoek.



Figuur 6.14 Vergelijking van het uiteindelijke model uit het huidige onderzoek met dat uit het GES-onderzoek.

De vergelijking van het model uit het GES-onderzoek heeft de volgende vergelijking:

$$mspt = 0,060 + 0,000121 * Lbi_bronspt - 0,0013 * leeftijd + 0,0000145 * leeftijd^2.$$

De coëfficiënt van $Lbi_bronspt$ is dus gelijk aan 0,000121. De coëfficiënt van $Lbi_bronspt$ voor mannen uit het huidige onderzoek is 0,00028 en voor vrouwen 0. Aan het onderzoek namen 45% mannen en 55% vrouwen deel. Als we met deze samenstelling rekening houden, geeft het resultaat voor mannen en vrouwen te samen de coëfficiënt van $Lbi_bronspt$ van 0,000126 ($0,45 * 0,00028$). Daarmee zijn de coëfficiënten van $Lbi_bronspt$ in het huidige onderzoek en in het GES-onderzoek vrijwel gelijk. Dat suggereert dat het gemiddelde effect van de geluidsbelasting tijdens de slaap door vliegtuiggeluid en door weg- en railverkeer van gelijke orde grootte is. Er zijn drie opvallende verschillen tussen beide onderzoeken:

- In het huidige onderzoek is $p40db$ een belangrijke additionele variabele en in het GES-onderzoek niet
- In het huidige onderzoek is *geslacht* een effectmodificerende variabele en in het GES-onderzoek niet
- In het GES-onderzoek zijn *leeftijd* en $leeftijd^2$ additionele variabelen, in het huidige onderzoek niet.

Uit onze analyse van de gegevens over motiliteit in 30-s intervallen van het Duitse weg- en railverkeersonderzoek (zie bijlage G) hebben we geconstateerd dat bij de onderzochte groep Duitse deelnemers zowel *geslacht* als *leeftijd* en $leeftijd^2$ additionele variabelen zijn en dat de minimum motiliteit ligt rond 42 jaar. Figuur 6.12 suggereert sterk dat het minimum in motiliteit uit het GES-onderzoek in de leeftijd van bijna 50 jaar niet gereproduceerd wordt in het huidige onderzoek.

6.5.2 Zelf-geregistreerd ontwaken

Er is een opmerkelijk verschil tussen mannen en vrouwen als zelf-geregistreerd ontwaken door de verkeerspassages wordt vergeleken met zelf-geregistreerd door de andere geluiden in de slaapkamer. Bij afwezigheid van geluid van verkeerspassages is zelf-geregistreerd ontwaken bij mannen en vrouwen gelijk en bij toenemende geluidsbelasting door verkeerspassages neemt het effect op zelf-geregistreerd ontwaken bij vrouwen sterker toe dan bij mannen. Geluiden niet afkomstig van de verkeerspassages hebben zowel bij vrouwen als mannen geen aantoonbaar effect op zelf-geregistreerd ontwaken. Deze resultaten over zelf-geregistreerd ontwaken wijzen er op dat vrouwen en mannen ongeveer even gevoelig zijn voor geluiden die niet afkomstig zijn van verkeerspassages, en dat vrouwen met toenemende geluidsbelasting

door verkeerspassages meer reactie vertonen dan mannen. We komen hier in hoofdstuk 9 op terug.

6.5.3 *Hartslagvariabelen*

We hebben uit alle analyses slechts één indicatie gevonden dat geluid van verkeerspassages invloed heeft op de gemiddelde hartslagvariabelen die we onderzocht hebben. Dit betreft de verandering in de *variabiliteit in IBI* over een slaaperperiode. We hebben deze bevinding verklaard op basis van veranderingen in de balans tussen sympatisch en parasympatisch systeem als gevolg van de jarenlange geluidsbelasting tijdens de slaap door de verkeerspassages.

6.5.4 *Variabelen uit de logboekjes*

We hebben alleen met de *totale* geluidsbelasting in de slaapkamer, waarvan de geluidsbelasting door verkeerspassages een onderdeel vormt, (drie) relaties gevonden met variabelen uit de logboekjes, namelijk met moeite met inslapen, mate van uitgerust zijn en slaapkwaliteit s'morgens na het opstaan. Hoewel de logboekjes met name bestemd waren om praktische gegevens over de dag en de nacht te verkrijgen, zijn er ook een twaalftal vragen opgenomen over de mening van de deelnemer over diverse aspecten die met slaap en geluid verband houden. Kennelijk is de invloed van verkeersgeluid te bescheiden om op basis van 1572 logboekjes van 262 personen met van nacht tot nacht sterk gecorreleerde geluidsbelastingen aan het licht te komen.

6.5.5 *Variatie in geluidsbelasting van slaaperperiode tot slaaperperiode*

De opzet van het onderzoek was zo, dat we over zes nachten de geluidsbelastingen buiten en binnen bepaald hebben. De vraag doet zich dan voor of we niet met minder nachten hadden kunnen volstaan. Vanuit het oogpunt van de bepaling van *bbv* voor de meeste slaapkamers zoals dat in het huidige onderzoek met één buitenmeter per locatie is gebeurd, moeten we dat al ontkennend beantwoorden. Maar stel dat er meer buitenmeters beschikbaar waren geweest, die per meetnacht per slaapkamer ingezet zouden zijn, zou dan een meting over bijvoorbeeld één nacht voldoende zijn om een betrouwbare schatting te hebben van de geluidsbelasting over meer nachten. Om hier meer inzicht in te krijgen, hebben we per deelnemer de standaarddeviatie bepaald in de (maximaal) zes waarden van *Lbi_bronspt*. Omdat *Lbi_bronspt* gelijk is aan *Lbu_bronspt - bbv* en *bbv* voor een deelnemer constant is, is de standaarddeviatie in *Lbi_bronspt* van een deelnemer gelijk aan die in *Lbu_bronspt* van die deelnemer. De resultaten zijn in tabel 6.4 opgenomen. Het gemiddelde van de standaarddeviaties over alle deelnemers is 2 dB(A); voor de deelnemers op de wegverkeerslocaties 1,9 dB(A) en voor de deelnemers op de railverkeerslocaties 2,6 dB(A). Ook dit gemiddelde heeft een spreiding. De standaarddeviatie in de individuele standaarddeviaties is voor alle deelnemers 1 dB(A), voor de deelnemers op de wegverkeerslocaties 0,9 dB(A) en voor de deelnemers op de railverkeerslocaties 1,3 dB(A). De laatste twee rijen geven informatie over de maximum en de minimum standaarddeviaties. We hebben de gegevens over de individuele standaarddeviaties ook per locatie geaggregeerd. Dan heeft van de wegverkeerslocaties locatie 46 (snelweg) het laagste gemiddelde (1,1 dB(A)) en locatie 42 (ook snelweg) het hoogste gemiddelde (2,8 dB(A)), van de railverkeerslocaties locatie 51 het laagste gemiddelde (0,8 dB(A)) en locatie 52 het hoogste gemiddelde (4,2 dB(A)).

Tabel 6.4 Gegevens over de variatie van slaaperiode tot slaaperiode in Lbi_bronspst en Lbu_bronspst per deelnemer.

statistische gegevens	locaties		
	alle	wegverkeer	railverkeer
gemiddelde standaarddeviatie (sd)	2,04	1,91	2,56
standaarddeviatie in sd	1,01	0,88	1,31
minimum	0,39	0,54	0,39
maximum	4,98	4,25	4,98

Uit de resultaten is duidelijk dat in een aantal gevallen een meting over één nacht voldoende is om een betrouwbare schatting te hebben van de geluidsbelasting over meer nachten. In de meeste gevallen, echter, is de standaarddeviatie vrij groot en zullen de meetresultaten over één nacht slechts een vrij grove schatting zijn van de mogelijke geluidsbelastingen. Of een dergelijke schatting voor verder onderzoek betrouwbaar genoeg is, hangt mede af van de onderzoeksvraag en de omvang van een dergelijk onderzoek.

7 Geaggregeerde variabelen en variabelen uit de vragenlijst

7.1 Inleiding

Bij de analyses hebben we lineaire regressiemodellen gebruikt, en in het geval van een binaire afhankelijke variabele een logistisch regressiemodel, met indien relevant geslacht en brontype als dummy variabele.

7.1.1 *Effectvariabelen*

We hebben twee soorten gegevens onderzocht:

- geaggregeerde data: de volgende over zes nachten gemiddelde variabelen motiliteit (*m_sleep*), begin van motiliteit (*k_sleep*), gemiddeld aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken (*mark_sleep*), hartslagfrequentie (*h_sleep*), IBI (*IBI_sleep*), en variabiliteit in IBI (*btb_sleep*) (alle op basis van 15-s intervallen)
- gegevens uit de vragenlijst. De vragenlijst bestaat uit vier onderdelen: 1. algemeen, 2. gezondheid en slaap, 3. geluidsgevoeligheid (verkorte lijst van Weinstein)⁴⁵, en 4. stellingen over het omgaan met problemen (verkorte Utrechtse Coping Lijst)⁴⁶. In het algemene gedeelte hebben we vragen opgenomen over persoonskenmerken, de woonsituatie, geluidhinder, nachtelijke geluiden in de woning, en veiligheid. Het gedeelte over gezondheid en slaap bevat onder meer vragen over gezondheid en vitaliteit (gedeelten uit RAND 36)⁴⁷, depressiviteit (verkorte CES-D)²⁹, medicijngebruik en gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen, slapeloosheid, slaapkwaliteit, slaapverstoring en wakker worden door geluid van onder meer de verkeersbron. In totaal bevat de vragenlijst 280 antwoordvariabelen. Op de in de referenties beschreven wijze hebben we 18 nieuwe variabelen afgeleid, zoals ervaren gezondheid, ervaren vitaliteit, mate van depressiviteit, geluidsgevoeligheid, erge slaapverstoring. Laten we de originele variabelen, die voor deze afleidingen zijn gebruikt, buiten beschouwing, dan gaat het in totaal om 160 variabelen.

7.1.2 *Geluidsvariabelen*

De gebruikte expositie-variabelen zijn:

Lbu_sleep equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting buiten tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. *Lbu_sleep* is berekend door *Lbuspt* over de zes slaaperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperiode

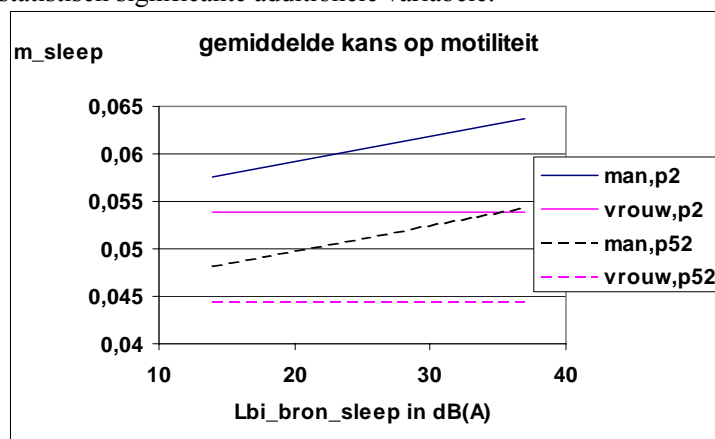
Lbi_sleep: equivalent geluidniveau representatief voor de individuele geluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. *Lbi_sleep* is berekend door *Lbispt* over de zes slaaperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperiode

Lbi_bron_sleep: equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. *Lbi_bron_sleep* is berekend door

Lbi_bron_spt over de zes slaaperperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperperiode percentage van de waarden van *Lbu-Is* tussen 23 en 7 uur die niet groter zijn dan 40 dB(A).
 De geluidniveaus zijn in dB(A).

7.2 Expositie-effectrelaties

Met betrekking tot motiliteit hebben *m_sleep* en *k_sleep* een relatie met *Lbi_bron_sleep* en *Lbi_sleep*, waarbij *p40db* een additionele variabele en geslacht een effectmodificerende variabele is. De relatie tussen *m_sleep* en *Lbi_bron_sleep* is gegeven in figuur 7.1. Voor *k_sleep* geldt een overeenkomstige figuur. De resultaten met *m_sleep* als afhankelijke variabelen en *Lbi_sleep* als onafhankelijke variabele zijn (over het bereik van *Lbi_sleep* van 29 tot 46 dB(A)) voor vrouwen identiek aan die gegeven in figuur 7.1, en voor mannen is de helling van *m_sleep* ruim 65% van die in figuur 7.1; *k_sleep* geeft hetzelfde beeld als *m_sleep*. Brontype is geen additionele variabele. Van de onderzochte mogelijke additionele variabelen van de relatie van *m_sleep* met *Lbi_bron_sleep* (met *p40db* als additionele variabele) zijn de volgende twee variabelen additionele variabelen: 'al dan niet depressief zijn' en 'al dan niet in heden of verleden aan slapeloosheid lijden of geleden hebben'. Depressieve personen hebben een gemiddelde motiliteit gedurende de slaaperperiode die 0,0094 (17% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan zij die niet depressief zijn, degenen die in heden of verleden slapeloos zijn/waren hebben een motiliteit die 0,023 (43% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan de zij die dat niet zijn/waren. In tegenstelling tot de analyses op het niveau van één slaaperperiode bleek 'geluidsgevoeligheid' (net) geen statistisch significante additionele variabele.



Figuur 7.1 *m_sleep* als functie van *Lbi_bron_sleep* met geslacht als effectmodificerende variabele en *p40db* als additionele variabele. *p40db* heeft de waarden 52 (52% van de *Is*-buitenwaarden zijn 40 dB(A) of lager) en 2 (2% van de *Is*-buitenwaarden zijn 40 dB(A) of lager).

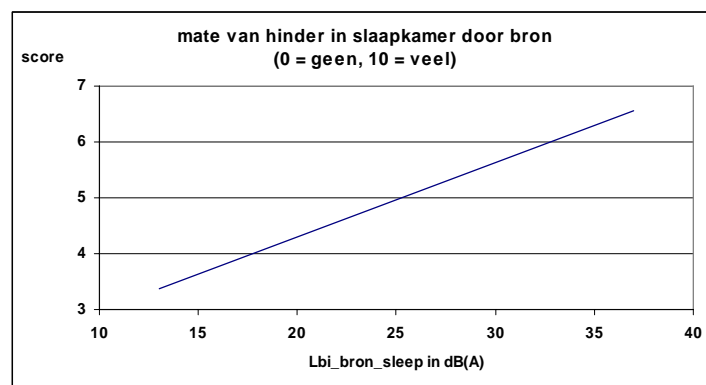
We hebben geen relatie gevonden tussen zelf-geregistreerd ontwaken en de geluidsvariabelen.

Van de mogelijke relaties tussen de drie hartslagparameters en de vier geaggregeerde geluidsparameters heeft *btb_sleep* een relatie in de verwachte richting met *Lbi_sleep*; geslacht is geen statistisch significante variabele (zie figuur D3). De variabiliteit in IBI neemt af met de geluidsbelasting in de slaapkamer. Dit impliceert dat naarmate de geluidsbelasting in de slaapkamer toeneemt, de sympatische invloed toeneemt en/of de parasympatische invloed afneemt.

In tabel 7.1 zijn de effectvariabelen uit de vragenlijst gegeven, die een relatie hebben met *Lbi_bron_sleep*. Over het algemeen liggen de correlatiecoëfficiënten tussen 0,15 en 0,29. Het verband tussen mate van hinder door de geluidbron in de slaapkamer en *Lbi_bron_sleep* heeft de sterkste relatie. Deze relatie is in figuur 7.2 gegeven.

Met betrekking tot ‘ervaren gezondheid’ en ‘erge hinder door de geluidbron in en om het huis (dat wil zeggen over het etmaal)’ hebben we nagegaan of de plaats van de slaapkamer ten opzichte van de verkeersbron van invloed is op de relatie. De plaats van het slaapkamerraam konden de deelnemers in vijf categorieën aangeven: van geheel naar de weg of het spoor gericht tot geheel van de weg of het spoor afgewend. De invoering van deze variabele in de modellen met *Lbi_bron_sleep* als onafhankelijke variabele en ‘ervaren gezondheid’ of ‘erge hinder door de geluidbron in en om het huis’ leverde geen statistisch significante coëfficiënten van deze variabele op. De plaats van de slaapkamer hebben we ook op twee manieren gedichotomiseerd ingevoerd in twee analyses (in de ene analyse is variabele ‘slaapkamerraam naar weg/spoor toegekeerd’ gelijk aan 1 genomen en de andere mogelijkheden gelijk aan 0, in de andere analyse is de variabele ‘slaapkamerraam geheel van weg/spoor afgekeerd’ gelijk aan 1 genomen en de andere mogelijkheden gelijk aan 0). Beide analyses leverden voor ‘ervaren gezondheid’ noch voor ‘erge hinder door de geluidbron in en om het huis’ statistisch significante coëfficiënten van de variabelen op. Dit impliceert dat bij een bepaalde *Lbi_bron_sleep* de situatie van het slaapkamerraam ten opzichte van de geluidbron geen invloed heeft op de ervaren gezondheid noch op de erge hinder door de geluidbron in en om het huis.

Ook hebben we uit de vraag naar de tijdsbesteding activiteiten geschat of deelnemers overdag voornamelijk thuis of overdag voornamelijk niet thuis zijn, omdat ze een (parttime) baan hebben of studeren. De dummy variabele ‘al dan niet overdag voornamelijk thuis’ heeft geen invloed op de relatie van *Lbi_bron_sleep* met ‘ervaren gezondheid’ en met ‘erge hinder door de geluidbron in en om het huis’. Dit suggereert dat het er voor de ervaren gezondheid en de erge algemene geluidshinder door de bron niet toe doet of men overdag al dan niet aan het brongeluid bloot staat. We realiseren ons dat deze uitspraak zeer indicatief is, omdat bijvoorbeeld een opleiding volgen of een parttime baan hebben niet betekent dat men overdag niet thuis is, en anderzijds dat personen die gepensioneerd of werkzoekend zijn niet overdag voornamelijk thuis behoeven te zijn.



Figuur 7.2 De relatie tussen hinder door de geluidbron in de slaapkamer en *Lbi_bron_sleep*.

Tabel 7.1 Variabelen uit de vragenlijst die een statistisch significante relatie hebben met Lbi bron sleep.

variabelen
mate van hinder door brongeluid in huis
mate van hinder door brongeluid in slaapkamer
ontevredenheid over brongeluid in de slaapkamer
Frequentie slaapverstoring door brongeluid
mate van slaapverstoring door brongeluid
Frequentie wakker door brongeluid
slaapkwaliteit
ervaren gezondheid

7.3 Onderlinge associaties van effectvariabelen

De onderlinge associaties van effectvariabelen uit de vragenlijst en geaggregeerde variabelen van motiliteit, zelf-geregistreerd ontwaken en hartslag hebben we onderzocht door middel van onderlinge correlaties. Als de correlatiecoëfficiënt statistisch significant afwijkt van 0 en de correlatie is in de verwachte richting, hebben we vervolgens de relatie bepaald met een lineair regressiemodel, met voor zover relevant geslacht en brontype als dummy variabelen. Bron bleek in geen enkel geval statistisch significant bij te dragen aan het model, geslacht in een aantal gevallen wel. We hebben zeer veel associaties tussen effectvariabelen vastgesteld. De resultaten van de bewerkingen zijn gepresenteerd in bijlage D.3 en in de tabellen D4 tot en met D9. We geven in dit hoofdstuk een overzicht op hoofdlijnen.

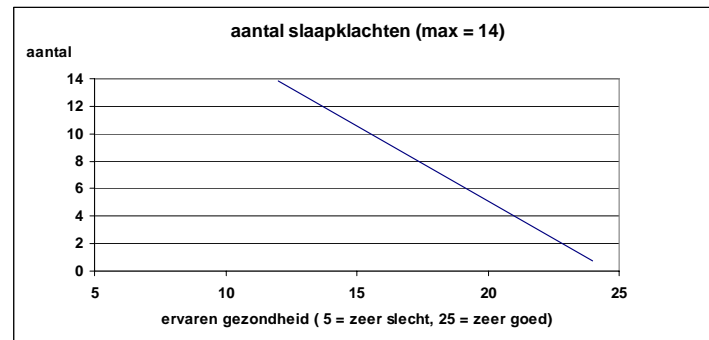
Opvallend is het aantal associaties tussen zelf-geregistreerd ontwaken en de variabelen uit de vragenlijst die met slaapkwaliteit en slaapverstoring te maken hebben (zie tabel D4). Niet gecorreleerd met zelf-geregistreerd ontwaken zijn ervaren gezondheid, ervaren vitaliteit, en mate van depressiviteit. Deze drie variabelen zijn wel gecorreleerd met de motiliteitsparameters. *m_sleep* en *k_sleep* zijn ook geassocieerd met slapeloosheid, en *m_sleep* tevens met geluidsgevoeligheid, aantal algemene slaapklachten en gemiddelde slaapkwaliteit uit het logboek.

Tussen *h_sleep*, en *IBI_sleep*, hebben we zes significante associaties vastgesteld: met slaapkwaliteit, ervaren gezondheid, ervaren vitaliteit, aantal algemene slaapklachten, aantal klachten over slapeloosheid, en hoogst afgeronde opleiding.

Vijftien variabelen uit het eerste deel van de vragenlijst blijken onderling sterk gecorreleerd. We hebben geen statistisch significante correlaties met de andere variabelen uit het eerste deel van de vragenlijst kunnen vaststellen. De variabele die het minst met andere variabelen geassocieerd is, is 'de eigen situatie kenmerken als wonen bij de bron'. Het gaat bij die variabele om 4 van de 14 mogelijke statistisch significante correlaties. Het 'al dan niet bezorgd zijn over het wonen bij de bron' heeft wel met 12 van de 14 andere variabelen een statistisch significante correlatie. De hoogste correlatie (met een correlatiecoëfficiënt van 0,85) hebben we gevonden voor slaapverstoring door het brongeluid en aantal maal wakker door het brongeluid.

Met betrekking tot 14 variabelen uit deel 2 tot en met 4 van de vragenlijst valt op dat er weinig associatie is tussen de drie uit de verkorte UCL-lijst afgeleide variabelen en de overige variabelen. Slaapkwaliteit en aantal algemene slaapproblemen zijn sterk gecorreleerd (met correlatiecoëfficiënt van -0,77 en -0,74, afhankelijk van het feit

hoeveel vragen in de scoring meegenomen worden)^a. Ervaren gezondheid en aantal algemene slaapproblemen zijn ook vrij sterk gecorreleerd (met correlatiecoëfficiënt van $-0,56$). Deze associatie hebben we in figuur 7.3 weergegeven.



Figuur 7.3 Associatie tussen aantal algemene slaapklasten en ervaren gezondheid.

Ook het gebruik van slaap-inducerende medicijnen en slaapmiddelen is geassocieerd met diverse variabelen uit de vragenlijst. De hoogste correlatiecoëfficiënten (r) tussen dit gebruik vinden we met aantal algemene slaapklasten ($r = 0,33$), frequentie ($r = -0,27$) en mate van slaapverstoring door het brongeluid ($r = 0,21$), en wakker worden door brongeluid ($r = -0,26$).

7.4 Prevalentie-schattingen

Dit onderwerp is uitvoeriger behandeld in bijlage F. RIVM beschikt door gebruik te maken van het programma EMPARA over de geluidsbelasting per postcode, op het niveau van zes eenheden. Ten behoeve van dit project heeft RIVM voor het jaar 2003 de geluidsbelasting buiten op de gevel van de woning van elke deelnemer berekend. Uit deze gegevens hebben we onder meer *Lnightbron* (jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van alle wegverkeersbronnen voor wegverkeerslocaties en ten gevolge van railverkeer voor railverkeerslocaties, berekend over 23 – 7 uur) bepaald.

Voor het schatten van prevalenties wordt uitgegaan van gedichotomiseerde effectvariabelen. Ten behoeve van de prevalentieschattingen die zijn gebaseerd op de resultaten van het GES-onderzoek naar slaapverstoring door vliegtuiggeluid hebben we gekozen voor elf gedichotomiseerde effectvariabelen²¹. Bij de dichotomisering is voor elke variabele een afkappunt gekozen. Voor zover mogelijk zijn bij de huidige analyses dezelfde variabelen gebruikt, die we op dezelfde wijze gedichotomiseerd en gerelateerd hebben aan *Lnightbron*, en *Lbu_sleep*. De analyses hebben drie statistisch significante relaties met *Lnightbron* opgeleverd. Het betreft de effectvariabelen erge geluidhinder in de slaapkamer, erge slaapverstoring door de geluidbron, en al dan niet een bepaald aantal slaapproblemen door de geluidbron per week. Daarbij hebben we ook nog een relatie tussen *Lbu_sleep* en frequentie van slaapverstoring door de geluidbron vastgesteld. Met behulp van het verband tussen *Lnightbron* en *Lbu_sleep* kan deze relatie omgewerkt worden naar de relatie met *Lnightbron* als geluidsbelastingsvariabele.

We hebben ook nagegaan of *p40db* en de plaats van het slaapkamerraam ten opzichte van de geluidsbron additionele variabelen zijn van de relaties met *Lnightbron*. Dat is

^a In het GES-slaapverstoringsonderzoek hebben we destijds 10 vragen gesteld. Deze 10 vragen zijn met 4 vragen aangevuld, mede omdat in latere vragenlijsten van RIVM er van 14 vragen gebruik werd gemaakt. De correlatie tussen beide scores is met een correlatiecoëfficiënt van 0,97 zeer hoog.

voor $p40db$ voor twee relaties het geval. De plaats van het slaapkamerraam ten opzichte van de geluidsbron is geen additionele variabele.

In de meest strikte zin zijn de afgeleide relaties alleen toepasbaar op de situaties waarin de deelnemers verkeren. Punt van overweging is het feit dat we er bij de selectie van de locaties zeer op gelet hebben dat de vermoedelijke ouderslaapkamer (grootste slaapkamer, soms met balkon) (enig) zicht heeft op de voornaamste verkeersgeluidsbron. In paragraaf 2.1.1 hebben we in het tekstblok over de locaties aangegeven dat dat voor 69% van de slaapkamers van de deelnemers het geval is. Bij bijna 31% van de slaapkamers van de deelnemers (voor wegverkeer 33%, en voor railverkeer 20%) was de slaapkamer naar de verkeersbron toegekeerd. Uit een vijftien jaar geleden gehouden onderzoek^{48,49} is gebleken dat in stedelijk gebied 39% van de slaapkamers van de ondervraagden naar de drukke *straat* was toegekeerd. Dat ligt nog iets hoger dan in het huidige onderzoek. Omdat we de verkeersintensiteiten op de in het huidige onderzoek betrokken locaties niet kennen, en deze intensiteiten hoger kunnen liggen dan die in de drukke straten uit het eerdere onderzoek, is het moeilijk om definitieve uitspraken te doen. Wellicht valt het echter met de representativiteit van de situering van de slaapkamer ten opzichte van de bron in het huidige onderzoek nog wel mee. Mogelijk zijn er uit ander onderzoek ook nog gegevens beschikbaar, waaruit blijkt of en in welke mate de situering van de slaapkamers van volwassenen in het huidige onderzoek afwijkt van overeenkomstige Nederlandse situaties. Alvorens prevalentieschattingen voor de Nederlandse volwassen bevolking uit te voeren, verdient het aanbeveling om te trachten dit te achterhalen en vast te stellen of en hoe met eventuele afwijkingen rekening gehouden kan worden.

7.5 Additionele onderwerpen

7.5.1 Slapeloosheid

In het advies van de Gezondheidsraad over de invloed van geluid op slaap en gezondheid is aannemelijk gemaakt dat slapeloosheid samenhangt met hoge nachtelijke geluidsbelasting aan verkeersgeluid⁵⁰. Slapeloosheid kan optreden zonder dat ze terug te voeren is tot een bepaalde ziekte of aandoening: primaire slapeloosheid. Secundaire slapeloosheid is een bijkomend verschijnsel van een ziekte of aandoening. Omschrijvingen van primaire slapeloosheid zijn onder meer te vinden in de *Beknopte handleiding bij de Diagnostische Criteria van de DSM-IV*⁵¹. Primaire slapeloosheid (insomnia) is in de Nederlandse handleiding als volgt gedefinieerd:

- De voornaamste klacht^a is moeite met inslapen of doorslapen, of niet uitgerust zijn na de slaap, gedurende tenminste één maand
- De slaapprobleem (of de bijbehorende vermoeidheid overdag) veroorzaakt in significante mate lijden of beperkingen in het sociaal of beroepsmatig functioneren of het functioneren op andere belangrijke terreinen
- De slaapprobleem komt niet uitsluitend voor in het beloop van narcolepsie, slaapgebonden ademhalingsstoornis, slaapprobleem gebonden aan de circadiane ritmiek of parasomnia
- De stoornis is niet het gevolg van de directe fysiologische effecten van een middel (drug, geneesmiddel) of een somatische aandoening
- De stoornis komt niet uitsluitend voor in het beloop van een andere psychische stoornis (bijvoorbeeld depressieve stoornis, gegeneraliseerde angststoornis, delirium).

^a Dit betekent een klacht die aan een arts is meegedeeld

Secundaire slapeloosheid (slapeloosheid in samenhang met een andere psychische stoornis) moet volgens de *Nederlandse handleiding* ook aan de eerste vier bovenstaande voorwaarden voldoen en tevens moet de slapeloosheid verband houden met een andere psychische stoornis, maar voldoende ernstig zijn om afzonderlijke zorg te rechtvaardigen.

Ohayon geeft op basis van meer dan 50 onderzoeken onder meer de prevalentie van slapeloosheid (zowel primaire als secundaire) in algemene zin⁵². De classificatie volgens DSM-IV resulteert in slapeloosheid, in heden en/of verleden, in naar schatting gemiddeld 6 procent van de algemene bevolking. De prevalentie van slapeloosheid ligt hoger onder vrouwen dan onder mannen. Tevens nemen de verschijnselen van slapeloosheid toe met de leeftijd.

Uit het advies van de Gezondheidsraad over geluid, slaap en gezondheid⁵⁰ kan afgeleid worden dat de kans op slapeloosheid door nachtelijk verkeersgeluid begint toe te nemen vanaf *Lnight* gelijk aan 60 dB(A). Bij *Lnight* in de orde van 65 dB(A) wordt het relatief risico geschat op 1,4. Volgens opgave van RIVM heeft 12% (31) van de deelnemers een woning met een *Lnight* (*Lnightbron*) van 60 dB(A) en hoger, waaronder 5% (13) met een *Lnight* van 65 dB(A) en hoger. Heel globaal zou er op basis van deze cijfers ten hoogste één deelnemer (mede) door nachtelijk geluid in heden of verleden aan slapeloosheid lijden of geleden hebben.

In de vragenlijst hebben we zes vragen opgenomen, waarmee we de kans op slapeloosheid in heden en/of verleden, op de eerste twee genoemde aspecten uit de classificatie van DSM-IV (arts bezocht, klacht langer dan een maand, effect op sociaal en/of beroepsleven), hebben geïnventariseerd. Negen deelnemers en deelneemsters (3,4% van het totaal aantal van 262) voldoen aan de eerste twee bovengenoemde voorwaarden. Het betreft drie mannen (2,6% van het totaal aantal deelnemers) en zes vrouwen (4,1% van het totaal aantal deelneemsters). Deze percentages liggen onder de 6% die uit de schattingen van Ohayon komt. De leeftijdsverdeling is in tabel 7.2 gegeven. Tevens is de jaargemiddelde geluidsbelasting 's nachts over het jaar 2003 (*Lnightbron*), in de laatste kolom vermeld.

Tabel 7.2 Leeftijdsverdeling en jaargemiddelde geluidsbelasting van de slapeloze deelnemers in het huidige onderzoek.

leeftijd	gegevens slapelozen			<i>Lnightbron</i> in dB(A)
	aantal slapelozen	aantal deelnemers	percentage	
jonger dan 30 jaar	0	45	0,0	
30 tot 45 jaar	1	75	1,3	66
45 tot 60 jaar	4	66	6,1	55, 56, 56, 62
tenminste 60 jaar	4	76	5,3	51, 59, 59, 60
allen	9	262	3,4	

Logistische regressieanalyses met 'slapeloos' als binaire afhankelijke variabele en *Lnightbron* (gegevens RIVM) *Lbu_sleep*, of *Lbi_bron_sleep* als onafhankelijke variabelen, levert geen statistisch significante coëfficiënten van de geluidsbelastingsvariabelen^a. We hebben dus geen relatie tussen nachtelijke

^a Het significantieniveau in geval van *Lnightbron* is 0,14, voor de overige geluidsbelastingsvariabelen ongeveer 0,25.

geluidsbelasting en slapeloosheid kunnen vaststellen. Gezien de inzichten van de Gezondheidsraad en de nachtelijke geluidsbelasting van de deelnemers zou dat ook niet te verwachten zijn geweest.

7.5.2 *Medicijngebruik algemeen en medicijngebruik tegen problemen met hart, bloedvaten en/of bloeddruk*

In veel van het onderzoek, dat is gerefereerd in het advies van de Gezondheidsraad over geluid, slaap en gezondheid⁵⁰, blijkt wel een samenhang tussen hart- en vaatziekten enerzijds en slaapstoornissen anderzijds, maar is de oorzaak-gevolg-keten niet aan te geven. Schwartz en collega's hebben een uitgebreid review opgesteld over *slapeloosheid, hartziekten, en kans op overlijden* op basis van epidemiologische onderzoeken⁵³. Zij achten het waarschijnlijk dat slapeloosheid en bijkomende vermoeidheid overdag een onderdeel is van een achterliggend syndroom dat verband houdt met chronische stress, autonoom disfunctioneren veroorzaakt en een verhoogde kans geeft op hartziekten. Tot dezelfde conclusie komen Shaver en collega's⁵⁴ op basis van een onderzoek onder vrouwen van middelbare leeftijd. Om de vraag te beantwoorden of chronische slapeloosheid leidt tot een verhoogde kans op *hypertensie* hebben Suka en collega's een vijf jaar durend longitudinaal onderzoek uitgevoerd onder 4800 Japanse werknemers⁵⁵. De conclusie van het onderzoek is dat zowel bij personen die moeite hebben met inslapen, als bij personen die moeite hebben met doorslapen de kans op het ontwikkelen van hypertensie verhoogd is (relatief risico in de orde van 2).

19% van de deelnemers uit het huidige onderzoek gebruikt medicijnen die door de arts zijn voorgeschreven tegen problemen met hart, bloedvaten en/of bloeddruk. De logistische regressieanalyses met *Lnightbron* en met *Lbu_sleep* als geluidsbelastingsvariabele en 'al dan niet gebruik van medicijnen die door de arts zijn voorgeschreven tegen problemen met hart, bloedvaten en/of bloeddruk' als dichotome afhankelijke variabele, leveren beide geen statistisch significant coëfficiënten van de geluidsbelastingsvariabele op^a.

Er zijn geen ernstig zieke mensen onderzocht. Wel hebben mensen aan het onderzoek deelgenomen die tijdens het onderzoek medicijnen gebruikten. Van de deelnemers gebruikte 39% één of meer medicijnen of preparaten (o.a. voor hart en bloedvaten, voor astma, anticonceptiemiddel) die op recept zijn verkregen, 48% gebruikte medicijnen of preparaten die niet op recept verkregen zijn (o.a. aspirine, hoestdrank, vitaminepreparaat), terwijl 28% geen van beide soorten medicijnen of preparaten gebruikte. Het gebruik van medicijnen of preparaten bleek bij geen enkele expositie-effectrelatie van belang te zijn.

7.5.3 *Depressiviteit*

Er is veel onderzoek verricht naar het verband tussen *depressies* en, in een aantal onderzoeken niet nader gedefinieerde, slapeloosheid. In het advies van de Gezondheidsraad over geluid, slaap en gezondheid is gerefereerd aan 27 onderzoeken ter zake⁵⁰. In de meeste onderzoeken werd een statistisch significante samenhang gevonden tussen depressie en slapeloosheid, zonder dat er een causaal verband kon worden aangetoond. Een uitzondering vormt het twaalf jaar durende longitudinale onderzoek door Mallon en collega's⁵⁶. Bij vrouwen bleek slapeloosheid aan het begin van het onderzoek een statistisch significante voorspeller te zijn van het ontstaan van

^a Het significantieniveau van de coëfficiënt van *Lbu_sleep* is 0,11.

een depressie gedurende de 12 jaar van het onderzoek, maar niet van sterfte. Bij mannen bleek slapeloosheid geen voorspeller te zijn voor depressie op een later tijdstip.

In de vragenlijst is depressie geïnventariseerd met behulp van CES-D. In de beschrijving van de vragenlijst van CES-D²⁹ zijn uitkomsten van onderzoek met CES-D gerelateerd aan enige demografische kenmerken. We vergelijken de uitkomsten uit het huidige onderzoek met die uit de in de beschrijving gegeven aselecte steekproeven uit de algemene bevolking (onderzoeken 1a, 4, 5).

Er zijn 20 vragen gesteld, die al naar gelang van de frequentie van aantal maal optreden in een week een score krijgen. De scores worden opgeteld en degene met een score van 16 of hoger wordt geclassificeerd als depressief. Onder de deelnemers hebben er 43 (17%) een score van 16 of hoger. In de drie genoemde onderzoeken is dit 12,7, 12,8 en 19,5%. Het betreft 13% van de mannen en 20,3% van de vrouwen. In de drie genoemde onderzoeken is dit voor de mannen 4,9, 11,5 en 16,1% en voor de vrouwen 15,7, 13,5 en 22,4%. De percentages uit het huidige onderzoek vallen steeds binnen de voor de steekproeven gegeven waarden. Het percentage depressieve personen op de weglocaties is 15,7%, op de raillocaties 22,4%. Het verschil is niet statistisch significant^a. Het percentage depressieve personen per leeftijdsklasse is gegeven in tabel 7.3. In het huidige onderzoek zijn minder depressieve personen in de laagste en hoogste leeftijdsklasse en meer depressieve personen in de leeftijdsklasse van 45 tot en met 54 jaar dan in de drie steekproeven.

Tabel 7.3 Percentage depressieve personen per leeftijdsklasse. Vergelijking met gegevens uit de beschrijving van CES-D²⁹.

leeftijd	huidig onderzoek	steekproef 1 ²⁹	steekproef 4 ²⁹	steekproef 5 ²⁹
18-24 jaar	13,3	-	18,4	19,1
25-34 jaar	13,0	16,7	11,5	19,1
35-44 jaar	18,2	6,3	9,3	19,6
45-54 jaar	26,2	16,1	5,6	21,1
55-64 jaar	16,3	9,6	17,4	19,1
65 jaar en ouder	13,5	13,8	20	-

We hebben nagegaan of depressiviteit samenhangt met de geluidsbelasting. Daartoe hebben we logistische regressieanalyses uitgevoerd met *Lbi_bron_sleep* en *Lnightbron* elk als de onafhankelijke variabele, 'al dan niet depressief zijn' als afhankelijke dichotome variabele, en leeftijd en geslacht als mogelijke additionele variabelen. In alle gevallen waren de coëfficiënten van de geluidsbelastingsvariabele, leeftijd en geslacht niet statistisch significant^b.

7.5.4 Gezondheidstoestand en vitaliteit

Algemene gezondheidsbeleving (verder ervaren gezondheid genoemd) en ervaren vitaliteit zijn in het onderzoek geïnventariseerd met behulp van RAND-36. Een beschrijving van RAND-36 is gegeven in een handleiding⁴⁷. De uitkomsten van vragen naar gezondheid en naar vitaliteit (een totaalscore die bij gezondheid loopt van 5 tot 25 en bij vitaliteit van 4 tot 24) zijn elk omgewerkt tot een schaalscore (van 0 tot 100). Hoe hoger de score hoe beter gezondheid en vitaliteit ervaren worden. In de tabellen 7.4 en 7.5 zijn vergelijkingen gemaakt tussen de uitkomsten van het huidige onderzoek

^a Getoetst met een one-way Anova, F=1,28; significantieniveau 0,26.

^b Significantieniveaus van de geluidsbelastingscoëfficiënten 0,11.

en de gegevens uit de handleiding van RAND-36. Volgens de handleiding van RAND-36 neemt de ervaren gezondheid af met de leeftijd en is er geen effect van leeftijd op ervaren vitaliteit. De gegevens uit de handleiding berusten op ruim 1000 personen.

Tabel 7.4 Schaalscores van ervaren gezondheid en van ervaren vitaliteit naar geslacht. Vergelijking met gegevens uit de handleiding van RAND-36⁴⁷.

geslacht	ervaren gezondheid		ervaren vitaliteit	
	huidig onderzoek	uit handleiding	huidig onderzoek	uit handleiding
man	70,9	71,4	63,9	69,5
vrouw	66,5	71,5	59,0	66,3
allen	68,5		61,2	

Tabel 7.5 Schaalscores van ervaren gezondheid en van ervaren vitaliteit naar leeftijd. Vergelijking met gegevens uit de handleiding van RAND-36⁴⁷.

leeftijd	ervaren gezondheid		ervaren vitaliteit	
	huidig onderzoek	uit handleiding	huidig onderzoek	uit handleiding
18-24 jaar	69,4	77,1	61,6	69,2
25-34 jaar	69,8	77,5	58,6	69,1
35-44 jaar	72,2	74,0	59,8	67,1
45-54 jaar	67,2	71,6	61,8	67,5
55-64 jaar	65,7	64,4	63,1	67,0
65 jaar en ouder	66,1	60,0	63,1	63,6

Gezondheid en vitaliteit worden door de deelnemers aan het huidige onderzoek als minder goed ervaren dan door de groep uit de handleiding. Voor gezondheid geldt dat voor vrouwen, voor vitaliteit zowel voor vrouwen als mannen. Opvallend is dat er met betrekking tot ervaren gezondheid onder de deelnemers aan het huidige onderzoek geen duidelijke afname met de leeftijd is, maar er sprake is van een maximum in de leeftijd van 35 tot en met 44 jaar.

We hebben nagegaan of ervaren gezondheid en ervaren vitaliteit samenhangen met de geluidsbelasting. Daartoe hebben we lineaire regressieanalyses uitgevoerd met *Lbi_bron_sleep* als onafhankelijke variabele en totaalscore van ervaren gezondheid en van ervaren vitaliteit elk als afhankelijke variabele. Bij ervaren vitaliteit is de coëfficiënt van *Lbi_bron_sleep* niet statistisch significant, bij ervaren gezondheid wel (zie figuur D10). De vergelijking van de relatie is: totaal score = 20,14 – 0,064**Lbi_bron_sleep* (significantieniveau 0,046). Bij een toename van *Lbi_bron_sleep* van 13 tot 36 dB(A), neemt de totaalscore af met 1,1 en de schaalscore met 5,3. Er is sprake van een zwak verband. Wellicht draagt niet alleen de geluidsbelasting 's nachts maar ook die gedurende de dag en avond bij aan de (geringe) vermindering van de ervaren gezondheid. Dit behandelen we verder in de bespreking van de resultaten in paragraaf 7.5.

7.5.5 Invloed van leeftijd

We hebben de leeftijdsverdeling van de deelnemers vergeleken met die van de Nederlandse volwassenen³⁶ (zie tabel 2.3). Er is een redelijk goede overeenkomst tussen de leeftijdsverdeling in het huidige onderzoek en die van de Nederlandse volwassen bevolking.

Volgens een commissie van de Gezondheidsraad vormen ouderen een risicogroep met betrekking tot slaapverstoring door verkeersgeluid⁵⁰. Dat blijkt niet uit het huidige onderzoek. In geen enkele expositie-effectrelatie zijn leeftijd, leeftijd*leeftijd of een combinatie van leeftijd en leeftijd*leeftijd additionele of effectmodificerende variabelen. Dat geldt niet alleen voor de effectvariabelen uit de vragenlijst, maar ook voor effectvariabelen over een slaaperiode of voor momentane effecten. In het geval van uitkomsten op momentaan en die op etmaalniveau kunnen we de uitkomsten van het huidige onderzoek niet vergelijken met de uitkomsten uit andere bronnen. Dit is wel mogelijk voor ervaren gezondheid en ervaren vitaliteit, depressiviteit, en slapeloosheid, zoals hiervoor is beschreven. Met betrekking tot ervaren gezondheid en vitaliteit scoren de twee oudere groepen even hoog als de twee jongste groepen, terwijl er voor ervaren gezondheid een afname verwacht moet worden. Depressiviteit komt onder de ouderen minder voor dan onder de deelgroepen in de middelste leeftijdsklassen. Slapeloosheid komt onder de jongste groepen veel minder voor dan onder de oudste groepen, en onder de twee oudste groepen is het percentage slapeloze deelnemers in de oudste groep vrijwel gelijk aan dat percentage in de één na oudste leeftijdsklasse. Het betreft dus vooral de ervaren gezondheid van de deelnemers waarvan het verloop als functie van de leeftijd afwijkt van wat verwacht mag worden. Omdat ervaren gezondheid wellicht met medicijngebruik samenhangt, hebben we nagegaan hoe het staat met het medicijngebruik en het gebruik van een slaapmiddel binnen de onderzochte groep. Het resultaat is gegeven in tabel 7.6.

Tabel 7.6 Gegevens over het gebruik van medicijnen en slaapmiddelen in de vier deelgroepen.

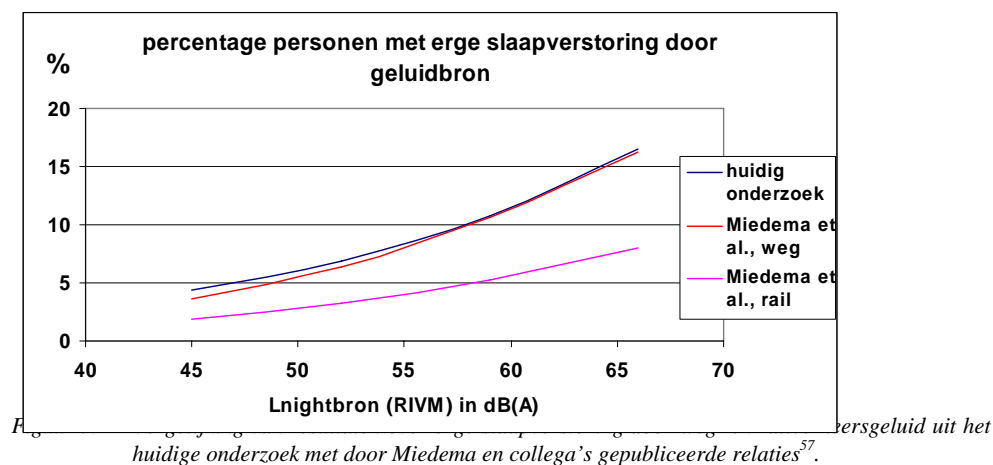
gebruik van medicijnen	leeftijdsverdeling				totaal
	< 30 jaar	30 - 45 jaar	45 - 60 jaar	>= 60 jaar	
geen medicijnen	37,2	38,7	24,2	14,7	27,8
medicijnen op recept	23,3	21,3	37,9	65,3	38,6
medicijnen in vrije verkoop	44,2	46,7	50,0	50,7	48,3
gebruik slaapmiddel	0	4	12,1	18,4	9,5

Tabel 7.6 geeft een ander beeld van de ouderen ten opzichte van de jongeren dan de eerder gepresenteerde gegevens over ervaren gezondheid. Het gebruik van slaapmiddelen neemt sterk toe met de leeftijd, terwijl ook het gebruik van medicijnen op recept in de oudere groepen veel hoger ligt dan onder de jongeren. Daar komt nog bij dat tot medicijnen op recept ook de anticonceptiemiddelen behoren, die onder de jongeren wel en onder de ouderen niet gebruikt worden. Het gebruik van medicijnen in de vrije verkoop is niet sterk leeftijdsafhankelijk. Op basis van het medicijngebruik op recept komen we tot de conclusie, dat de ouderen in het onderzoek relatief niet een zeer gezonde groep vormen.

7.5.6 Erge slaapverstoring

We hebben de resultaten uit het huidige onderzoek over erge slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid (tenminste score 8 op een 11-puntsschaal, van 0 geen slaapverstoring door brongeluid tot 10 zeer veel slaapverstoring door brongeluid) vergeleken met in 2003 door Miedema en collega's gepubliceerde relaties⁵⁷. Voor de geluidsbelasting zijn we uitgegaan van de door RIVM ter beschikking gestelde gegevens over *Lnightbron*.

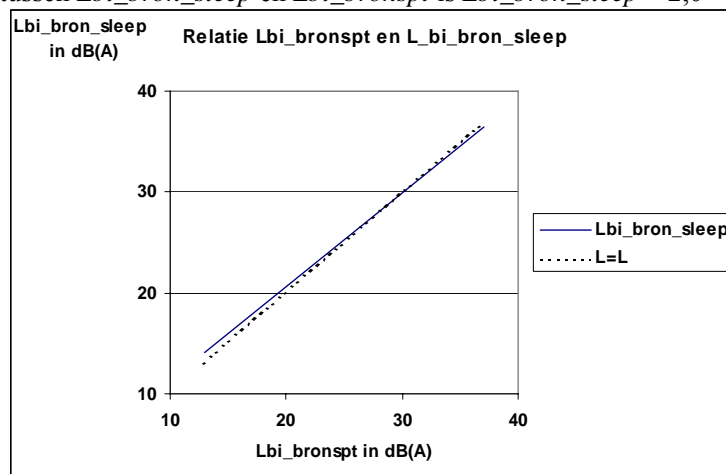
In het huidige onderzoek zijn 81% van de deelnemers voornamelijk aan wegverkeersgeluid blootgesteld. Bron is in het huidige onderzoek geen statistisch significante additionele variabele^a.



De resultaten uit het huidige onderzoek hebben een goede overeenkomst met de resultaten uit het onderzoek van Miedema en collega's. Dit geeft steun aan de generaliseerbaarheid van de relaties die in het onderzoek zijn afgeleid.

7.5.7 Overeenkomst geaggregeerde geluidsbelasting en geluidsbelasting gedurende een slaaperiode

Zoals te verwachten is er een grote overeenkomst tussen een geluidsbelasting berekend over één slaaperiode en de over zes nachten geaggregeerde waarde. In figuur 7.5 is daar een voorbeeld van gegeven voor $L_{bi_bronspt}$ en $L_{bi_bron_sleep}$. In de figuur is tevens de lijn $L_{bi_bron_sleep} = L_{bi_bronspt}$ ingetekend. De vergelijking van de relatie tussen $L_{bi_bron_sleep}$ en $L_{bi_bronspt}$ is $L_{bi_bron_sleep} = 2,0 + 0,93 * L_{bi_bronspt}$.



Figuur 7.5 De relatie tussen $L_{bi_bron_sleep}$ en $L_{bi_bronspt}$ en de lijn $L_{bi_bron_sleep} = L_{bi_bronspt}$.

^a We hebben ook nagegaan of $L_{nightbron} * bron$ een statistisch significante coëfficiënt heeft. Deze coëfficiënt heeft een significantie-niveau van 0,06, en is tegengesteld aan die in het onderzoek van Miedema en collega's. Dat betekent dat er aanwijzingen zijn dat in het huidige onderzoek railverkeersgeluid iets meer erge slaapverstoring veroorzaakt dan wegverkeersgeluid. Wellicht wordt dit veroorzaakt door de relatief grote bijdrage van vrachttreinen aan de geluidsbelasting gedurende de slaap. De resultaten van wegverkeersgeluid alleen laten een goede overeenkomst zien tussen de resultaten uit het huidige onderzoek met die van Miedema en collega's.

7.6 Discussie

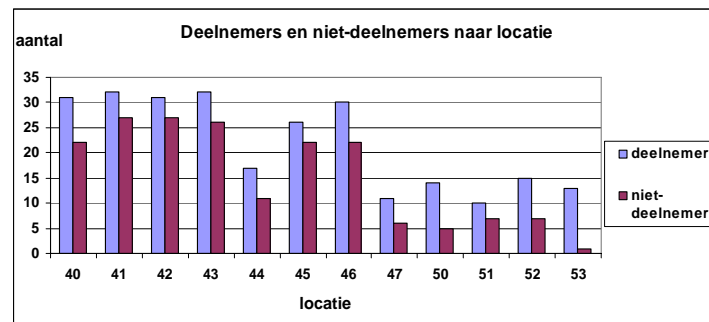
Voor de over zes nachten geaggregeerde waarden van motiliteit en van begin van motiliteit vinden we voor de relaties met de geluidsbelasting in de slaapkamer door verkeerspassages hetzelfde beeld als voor deze variabelen over één slaaperiode. De coëfficiënten van de regressievergelijkingen zijn vrijwel identiek. Er zijn op geaggregeerd niveau geen statistisch significante expositie-effectrelaties voor zelf-geregistreerd ontwaken en er is één relatie tussen de geaggregeerde geluidsbelasting en de hartslagvariabelen, namelijk een afname van de variabiliteit in IBI bij toename van *Lbi_sleep*.

Relaties tussen *Lbi_bron_sleep* en effectvariabelen uit de vragenlijst zijn er voor vijf variabelen uit de vragenlijst die rechtstreeks met de geluidsbelasting door het brongeluid tijdens de slaap te maken hebben (mate van hinder door brongeluid in slaapkamer, ontevredenheid over brongeluid in de slaapkamer, frequentie slaapverstoring door brongeluid, mate van slaapverstoring door brongeluid, frequentie wakker door brongeluid), voor één variabele (geluidhinder door de bron in de woning) die ons inziens niet alleen te maken heeft met nachtelijk geluid, en twee algemene variabelen die niet rechtstreeks verband houden met de geluidsbelasting door de bron: slaapkwaliteit en ervaren gezondheid. Het lijkt ons plausibel dat er tussen de vermindering van slaapkwaliteit en die effectvariabelen die rechtstreeks met de geluidbron tijdens de slaap te maken hebben een causaal verband bestaat. Met betrekking tot ervaren gezondheid en geluidhinder in en rond de woning door de bron (over het etmaal) vinden we het waarschijnlijk dat de zwakke verbanden ook nog beïnvloed zijn door de geluidsbelasting overdag en 's avonds, hoewel we hierover wegens gebrek aan informatie over die geluidsbelasting geen definitieve uitspraak kunnen doen.

8 Onderzoek onder niet-deelnemers

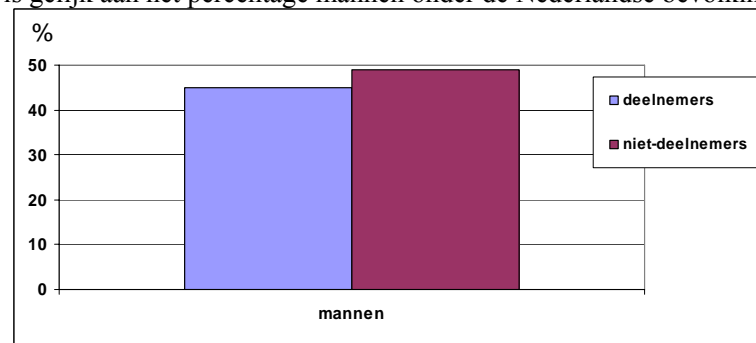
8.1 Overzicht

Zoals we reeds in hoofdstuk 2 hebben vermeld, is aan een deel van de oorspronkelijk benaderde adressen een verzoek tot invullen van een niet-deelnemersvragenlijst gezonden. Om de geluidsbelasting van deelnemers en van personen die een niet-deelnemersvragenlijst invulden zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming te brengen, zijn de adressen van buurwoningen van deelnemers geselecteerd: twee adressen per alleen participerende deelnemer, en vier adressen per koppel. In totaal hebben 183 personen een niet-deelnemersvragenlijst ingevuld. Dat is ongeveer 30% van het aantal benaderde adressen. De verdeling naar locatie van deelnemers en niet-deelnemers is gegeven in figuur 8.1. Duidelijk is dat de niet-deelnemers op de raillocaties minder vertegenwoordigd zijn dan op de wegverkeerslocaties.



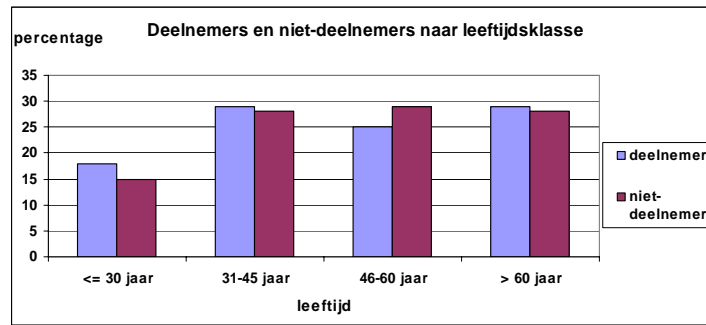
Figuur 8.1 Aantal deelnemers en niet-deelnemers naar locatie.

Er hebben relatief ongeveer evenveel mannen en vrouwen aan het onderzoek en aan het niet-deelnemersonderzoek meegedaan; zie figuur 8.2 voor het percentage mannen. Het percentage mannen dat aan het niet-deelnemersonderzoek heeft meegedaan (49%) is gelijk aan het percentage mannen onder de Nederlandse bevolking



Figuur 8.2 Percentage mannen onder de deelnemers en niet-deelnemers.

De leeftijdsopbouw van de niet-deelnemers ziet er ongeveer zo uit als die van de deelnemers; zie figuur 8.3. Er zijn relatief iets meer jongere deelnemers en minder 46-60 jarigen onder de deelnemers dan onder de niet-deelnemers. Ten opzichte van de leeftijdssamenstelling van de Nederlandse bevolking houdt dit in dat de jongeren in het niet-deelnemersonderzoek iets meer zijn ondervetegenwoordigd dan de jongeren in het onderzoek en dat het percentage 46-60 jarigen onder de niet-deelnemers goed overeenkomt met dat in de Nederlandse bevolking.



Figuur 8.3 Percentage deelnemers en niet-deelnemers naar leeftijd.

8.2 Verschillen tussen deelnemers en niet-deelnemers

Er zijn 50 variabelen, die zowel in de vragenlijst voor deelnemers als in de vragenlijst voor niet-deelnemers staan of er uit afgeleid kunnen worden. Van die 50 variabelen hebben we nagegaan of er verschil is tussen deelnemers en niet-deelnemers^a. Allereerst hebben we de gegevens van de deelnemers en die van de niet-deelnemers samengevoegd tot één bestand (aantal cases: gelijk aan 445, 262 deelnemers en 183 niet-deelnemers). Vervolgens hebben we de cases ingedeeld in twee deelgroepen: deelnemers en niet-deelnemers. Bij vergelijking van die twee deelgroepen blijkt een aantal statistisch significante verschillen: in leeftijd, burgerlijke staat, aantal jaren wonen in de huidige buurt en in het huidige huis, ervaren gezondheid, ergernis aan geluid in de dagelijkse omgeving, en erg slaapverstoord door de geluidbron. Alle andere variabelen verschillen niet significant. Vervolgens hebben we de verschillen onderzocht met de gegevens ingedeeld in vier deelgroepen met bron (wegverkeer, railverkeer) en deelnemen (deelnemer, niet-deelnemer) als onderscheidende kenmerken. Dit levert verschillen in leeftijd, burgerlijke staat, aantal jaren wonen in de huidige buurt en in het huidige huis, ergernis aan geluid in de dagelijkse omgeving en erg slaapverstoord door het brongeluid. Vervolgens hebben we de gegevens ingedeeld in 16 groepen met bron (weg, rail), deelnemen (deelnemer, niet-deelnemer), en leeftijd (in vier klassen) als onderscheidende kenmerken. Dit levert verschillen in de variabelen die in tabel 8.1 zijn genoemd. In tabel 8.1 zijn tevens de statistische gegevens opgenomen.

Van de deelnemers heeft 80% een partner of is gehuwd en bij de niet-deelnemers is dit 70%. 33% van de deelnemers heeft als hoogste onderwijs de lagere school of het lager beroepsonderwijs doorlopen en onder de niet-deelnemers is dit 41%; 20% van de deelnemers heeft hoger onderwijs doorlopen en onder de niet-deelnemers is dit 12%. Het onderwijsniveau van de deelnemers is dus iets hoger dan dat van de niet-deelnemers. Het verschil in het percentage deelnemers en niet-deelnemers dat een in klassen ingedeeld aantal jaren in het huidige huis woont is voor elke klasse minder dan 3%. Hetzelfde geldt voor het aantal jaren wonen in de buurt. Met betrekking tot burgerlijke staat, hoogst afgemaakte opleiding, aantal jaar wonen in huidige woning, en aantal jaar wonen in huidige buurt is uit de analyses van de gegevens van de deelnemers gebleken, dat het geen additionele variabelen zijn in de expositie-effectrelaties. Wel hangt opleidingsniveau enigszins samen met het gebruik van slaapmiddelen (correlatiecoëfficiënt -0,15) en met hartslagparameters (correlatiecoëfficiënt met h_sleep -0,45, met IBI_sleep 0,48, met btb_sleep 0,42).

^a Getoetst is met behulp van een one-way Anova en een tweezijdig significantie-niveau van 0,05.

Het percentage deelnemers dat erg slaapverstoord is door het brongeluid is 11% en het percentage onder de niet-deelnemers ligt met 18% hoger. De mediane slaapverstoringsscore onder de niet-deelnemers is precies gelijk aan die onder de deelnemers, namelijk 3,0. Het percentage met tenminste slaapverstoring (score tenminste 5 op een 11-puntsschaal) ligt onder de niet-deelnemers iets lager dan onder de deelnemers (29% ten opzichte van 30%). Het betreft dus één facet van één bron-gerelateerde variabele die ongunstiger is onder de niet-deelnemers dan onder de deelnemers.

Tabel 8.1 Resultaat van de analyses naar de onderscheidende kenmerken tussen de deelnemers en niet-deelnemers.

variabele	variantie	som van kwadraten	aantal vrijheidsgraden	F	significantie-niveau
burgerlijke staat	tussen groepen	5,46	15	2,05	0,01
	binnen groepen	74,89	422		
	totaal	80,35	437		
hoogste afgeronde opleiding	tussen groepen	65,05	15	2,46	0,002
	binnen groepen	748,84	425		
	totaal	813,90	440		
buurt in klassen	tussen groepen	239,31	15	17,25	0,000
	binnen groepen	361,61	391		
	totaal	600,92	406		
huis in klassen	tussen groepen	211,05	15	17,81	0,000
	binnen groepen	310,42	393		
	totaal	521,47	408		
erg slaapverstoord door geluidbron	tussen groepen	3,64	15	2,17	0,01
	binnen groepen	45,71	409		
	totaal	49,35	424		

Conclusie

Onder de niet-deelnemers scoort slaapverstoring door het brongeluid slechts op één facet slechter dan onder de deelnemers, en vertonen de andere facetten van deze variabele geen verschil of zijn onder de niet-deelnemers zelfs iets gunstiger. Daaruit trekken we de conclusie dat de groep deelnemers en de groep niet-deelnemers op het punt van slaapverstoring door het brongeluid niet wezenlijk van elkaar verschillen. Met betrekking tot de overige vier variabelen die tussen niet-deelnemers en deelnemers verschillen (burgerlijke staat, hoogst afgemaakte opleiding, aantal jaar wonen in huidige woning, en aantal jaar wonen in huidige buurt) is uit de analyses van de gegevens van de deelnemers gebleken, dat het geen additionele variabelen zijn in de

expositie-effectrelaties. Daarom achten we het onwaarschijnlijk dat selectie van deelnemers bijdraagt aan een vertekening van de onderzoeksresultaten.

8.3 Redenen van niet-deelnemen

In tabel 8.2 zijn de redenen gegeven waarom de niet-deelnemers niet aan het onderzoek hebben meegedaan. We hebben de mogelijkheid geboden om de betreffende vraag niet te beantwoorden. Daarvan heeft 40% van de niet-deelnemers gebruik gemaakt. We hebben ook gevraagd om de belangrijkste reden om niet deel te nemen aan te geven. Het resultaat is in het tweede deel van de tabel opgenomen. In het laatste deel van de tabel zijn alleen de verdelingen beschouwd van de voornaamste reden om niet deel te nemen van de personen die die reden hebben opgegeven. (Er is in dat geval niet gesplitst naar bron, omdat dat zeer geringe aantallen in de cellen zou geven). Onder die personen zijn de volgende redenen het meest genoemd: 'geen last van weg- of railverkeersgeluid 's nachts', 'onderzoek te belastend', en 'geen uitnodiging ontvangen'. Dit laatste lijkt ons niet juist, omdat het verzoek om een niet-deelnemers vragenlijst in te vullen aan een selectie van de adressen is gestuurd waar eerder een uitnodiging tot deelnemen aan het onderzoek was verstuurd en TNO van die adressen geen onbestelbare post heeft terugontvangen. Veeleer verwachten wij dat de eerste TNO-envelop met adres en 'aan de bewoners van dit huis' terzijde is gelegd.

Tabel 8.2 Redenen van niet-deelnemers om niet aan het onderzoek mee te doen. Percentages niet-deelnemers die een bepaalde reden opgaven. Meer dan één antwoord mogelijk.

redenen van niet-deelnemers om niet aan het onderzoek mee te doen			
reden	allen	op weglocaties	op raillocaties
aantal niet-deelnemers	183	163	20
vraag niet beantwoord	39,9 %	39,9 %	40 %
geen tijd	17,5	17,2	20
geen zin	13,7	14,7	5
te belastend	16,4	16,6	15
teveel inbreuk op privacy	8,2	8,6	5
te moeilijk	3,3	3,1	5
verzorg 's nachts huisgenoot	2,7	3,1	0
vergoeding te laag	3,3	3,7	0
geen last van weg/railverkeer 's nachts	15,8	15,3	20
uit principe niet	1,6	1,8	0
heeft geen zin	5,5	6,1	0
het interesseert me niet	3,8	3,7	5
ziekte	4,9	4,3	10
zorgen	5,5	5,5	5
te oud	3,3	3,1	5
niet alle nachten aanwezig	12,6	12,3	15
nachtdiensten	4,4	4,3	5
nooit uitnodiging ontvangen	8,7	8	15

geen speciale reden	9,3	9,2	10
anders	9,3	7,4	10
som van percentages	149,8	148	25
voornaamste reden van niet-deelnemers om niet aan het onderzoek mee te doen			
reden	allen	op weglocaties	op raillocaties
aantal niet-deelnemers	183	163	20
vraag niet beantwoord	45,4%	45,4%	45%
geen tijd	4,9	4,3	10
geen zin	6,6	6,7	5
te belastend	8,7	8,6	10
teveel inbreuk op privacy	6,0	6,7	0
te moeilijk	1,6	1,8	0
verzorg 's nachts huisgenoot	1,6	1,2	5
vergoeding te laag	1,1	0,6	5
geen last van weg/railverkeer 's nachts	8,7	9,8	0
uit principe niet	1,6	1,2	5
heeft geen zin	3,3	3,1	5
het interesseert me niet	0,0	0,0	0
ziekte	1,6	1,8	0
zorgen	1,1	1,2	0
te oud	1,6	1,8	0
niet alle nachten aanwezig	4,9	4,9	5
nachtdiensten	0,5	0,6	0
nooit uitnodiging ontvangen	7,7	6,1	20
geen speciale reden	6,0	6,1	5
anders	3,3	3,1	5
som van percentages	116,2	115	125
voornaamste reden om niet aan het onderzoek mee te doen van niet-deelnemers die een voornaamste reden hebben opgegeven			
aantal niet-deelnemers	93		
geen tijd	5,4		
geen zin	8,6		
te belastend	14,0		
teveel inbreuk op privacy	7,5		

te moeilijk	0,0
verzorg 's nachts huisgenoot	1,1
vergoeding te laag	0,0
geen last van weg/railverkeer 's nachts	15,1
uit principe niet	0,0
heeft geen zin	4,3
het interesseert me niet	0,0
ziekte	1,1
zorgen	1,1
te oud	3,2
niet alle nachten aanwezig	8,6
nachtdiensten	1,1
nooit uitnodiging ontvangen	12,9
geen speciale reden	9,7
anders	6,5
som van percentages	100

9 Discussie en conclusie

9.1 Inleiding

De doelstelling van het project is informatie te verkrijgen over:

1. de relaties tussen *nachtelijk wegverkeersgeluid* en indicatoren voor slaapverstoring, het vaststellen welke factoren op deze indicatoren en relaties van invloed zijn en het bepalen van deze invloed
2. de mate waarin indicatoren voor slaapverstoring worden beïnvloedt door *intensief nachtelijk railverkeersgeluid* in vergelijking met de beïnvloeding door wegverkeersgeluid
3. gegevens die gebruikt kunnen worden om een schatting te geven van prevalenties van aspecten van slaapverstoring in Nederland.

In de hoofdstukken 5, 6 en 7 hebben we de relaties tussen *nachtelijk verkeersgeluid* en indicatoren voor slaapverstoring gepresenteerd en de resultaten bediscussieerd. We herhalen deze discussies niet in dit hoofdstuk, maar gaan in 9.2 in op een aantal algemene onderwerpen met betrekking tot de expositie-effectrelaties. In 9.3 vergelijken we de uitkomsten over nachtelijk railverkeersgeluid met die over wegverkeersgeluid en in 9.4 gaan we kort in op gegevens ten behoeve van eventuele prevalentieschattingen. In 9.5 is de conclusie opgenomen.

9.2 Expositie-effectrelaties

9.2.1 *Achtergrondgeluid en motiliteit*

Het huidige onderzoek suggereert dat het achtergrondgeluid op de wegverkeerslocaties van grote invloed is op motiliteit en begin van motiliteit. Daarbij bleek *p40db*, en in iets mindere mate *L90*, als additionele variabele het sterkste effect te hebben, maar ook *p45db*, *p50db*, en *L50* zijn voor de meeste relaties statistisch significante additionele variabelen. Met betrekking tot het Duitse onderzoek naar weg- en railverkeersgeluid hebben we geen expositie-effectrelaties met *p40db* als mogelijke additionele variabele onderzocht, maar wel hebben we de toename in motiliteit als functie van de tijd na inslapen en verschillen daarin met het huidige onderzoek verklaard op basis van *p40db*. Ook hebben we de gegevens over motiliteit uit het GES-onderzoek naar het effect van vliegtuiggeluid geanalyseerd. Op basis daarvan konden we het belang van het achtergrondniveau op motiliteit niet bevestigen. Er is in het GES-onderzoek weliswaar een duidelijke tendens aanwezig dat *p40db* een additionele predictor is, maar de coëfficiënt van *p40db* is niet statistisch significant. In het GES-onderzoek hebben we destijds locaties uitgesloten met veel weg- of railverkeersgeluid. Daarom ontbreken in het GES-onderzoek lage waarden van *p40db* (zie figuur 6.10; er zijn twee locaties met *p40db* tussen 10 en 20 en geen waarnemingen met *p40db* kleiner dan 10). Wellicht waren de gegevens uit het GES-onderzoek niet voldoende geschikt om het belang van *p40db* aan te tonen. Verdere veld- of laboratoriumonderzoeken of secundaire analyses op reeds bestaande gegevens zijn nodig om het belang van het achtergrondgeluid op motiliteit te mogen generaliseren.

9.2.2 *Leeftijdsafhankelijkheid van motiliteit*

We hebben in het huidige onderzoek niet kunnen vaststellen dat de gemiddelde motiliteit en het gemiddelde begin van motiliteit over een slaaperperiode leeftijdsafhankelijk zijn. Zowel in het Nederlandse GES-onderzoek naar slaapverstoring door vliegtuiggeluid als in het Duitse onderzoek naar slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid bleken *leeftijd* en het *kwadraat van de leeftijd* additionele variabelen te zijn in de relaties van geluidsbelasting in de slaapkamer door het verkeersgeluid en (begin van) motiliteit. In beide onderzoeken hebben we een leeftijd vastgesteld waarin de gemiddelde motiliteit geringer was dan op jongere of oudere leeftijd. Deze leeftijd lag op 45 tot 50 jaar (zie eventueel figuur 6.12; het verschil in motiliteit op 50 –jarige leeftijd en op 20- of 80-jarige leeftijd is in de orde van 0,010^a).

We hebben een aantal factoren gedetecteerd die van belang zijn voor de hoogte van motiliteit. Dit zijn onder meer 'al dan niet depressief zijn', en 'al dan niet in heden of verleden aan slapeloosheid lijden of geleden hebben'. Depressieve personen hebben een gemiddelde motiliteit gedurende de slaaperperiode die 0,010 (19% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan zij die niet depressief zijn, en degenen die in heden of verleden slapeloos zijn/waren hebben een motiliteit die 0,023 (43% van het totaal gemiddelde) hoger ligt dan die van de deelnemers die dat niet zijn/waren. We hebben nagegaan hoe deze kenmerken in de diverse leeftijdsgroepen uit het huidige onderzoek voorkomen. Voor beide variabelen blijkt, tegen de verwachting in, dat ze relatief in veel hogere mate voorkomen onder de deelnemers in de leeftijdsgroep van 45 tot 60 jaar dan onder de deelnemers in oudere en jongere leeftijdsgroepen of dat ze onder de deelnemers in de leeftijdsgroep van 45 tot 60 jaar relatief in veel hogere mate voorkomen in vergelijking met externe 'referentiegegevens'. We achten het daarom niet onwaarschijnlijk dat 'depressiviteit' en 'al dan niet in heden of verleden aan slapeloosheid lijden of geleden hebben' de leeftijd en het kwadraat van de leeftijd als additionele predictors in het verband tussen geluidsbelasting en motiliteit te niet gedaan hebben.

9.2.3 *Invloed momentane motiliteit op gemiddelde motiliteit.*

Er is slechts een geringe invloed van momentane extra motiliteit (en extra begin van motiliteit) door verkeerspassages op de over een slaaperperiode gemiddelde motiliteit (en begin van motiliteit). Dat hebben we in de figuren 5.19 en 5.20 gedemonstreerd. Daarbij moeten we de restrictie maken dat de figuren slechts de eerste helft van de slaaperperiode betreffen. Extrapolatie naar de gehele slaaperperiode levert ons inziens echter dezelfde conclusie op. De extra component in de gemiddelde motiliteit door de momentane verhoging van de motiliteit door verkeerspassages verklaart dus niet de soms hoge gemiddelde motiliteit. We hebben in het rapport voor drie locaties met lokaal/provinciaal wegverkeer (locaties 41, 44, en 47) een schatting gepresenteerd van de bijdrage van momentane extra motiliteit aan de gemiddelde motiliteit; deze schattingen hebben we niet gemaakt voor snelwegverkeer, want op de betreffende locaties is het aantal gedetecteerde passages zeer gering. Het resultaat van de schatting van het aandeel van momentane motiliteit tot totale motiliteit is voor de locaties 41, 44, en 47 respectievelijk 0,6, 2,2, en 0,5%. De hoge motiliteit in het huidige onderzoek wordt dus niet veroorzaakt door de momentane component ten gevolge van verkeerspassages. De hoge motiliteit is volgens ons een conditie van tijdens de slaap aan verkeersgeluid blootgestelden, die zich in de loop van de tijd (jaren?) opbouwt en daarna elke slaaperperiode die in verkeersgeluid wordt doorgebracht weer optreedt.

^a In het huidige onderzoek is gemiddeld over alle deelnemers de motiliteit in een 15-s interval gelijk aan 0,054 (totaal gemiddelde). 0,010 is dus globaal 19% van het totaal gemiddelde van het huidige onderzoek.

Wellicht is er sprake van een tijdelijke component in de totale motiliteit, dat wil zeggen van een component die verdwijnt als de nachtelijke geluidsbelasting over een periode van nachten niet zou optreden. Over deze mogelijkheid kunnen we op basis van het huidige onderzoek geen uitspraak doen.

Voor ongeveer de helft kan het verschil tussen de gemiddelde motiliteit op de locaties 41, 44, en 47 en die op de referentie-locaties verklaard worden door het verschil in achtergrondniveaus op de genoemde locaties en die op de referentie-locaties. De extra motiliteit op de wegverkeerslocaties in het huidige onderzoek is, volgens het model uit figuur 4.5, een half uur na inslapen (gemiddeld over mannen en vrouwen) globaal 0,013^a hoger dan op de referentie-locaties (dat is ongeveer 50% meer dan op de referentie-locaties). Aan het eind van de slaaperiode (van 7,5 uur) is de extra motiliteit ten opzichte van die op de referentie-locaties toegenomen tot 0,018^b.

9.2.4 *Verschillen tussen mannen en vrouwen in motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken per slaaperiode.*

Er is een opmerkelijk verschijnsel bij vrouwen in hun reactie op de geluidsbelasting door het brongeluid binnen in de slaapkamer: er is door de verkeerspassages wel effect op zelf-geregistreerd ontwaken gedurende de slaaperiode, en niet op gemiddelde motiliteit. Dit lijkt in eerste instantie onmogelijk, omdat het drukken op een knopje op zichzelf al motiliteit met zich meebrengt. Maar omdat motiliteit bijna 70 keer zo vaak voorkomt als zelf-geregistreerd ontwaken, leidt de met het drukken op een knopje gepaard gaande motiliteit niet tot een statistisch significante verhoging van de gemiddelde motiliteit over een slaaperiode. Als we de geluidsbelasting in de slaapkamer door ander geluid dan de verkeerspassages beschouwen, is er wel een toename met de geluidsbelasting in gemiddelde motiliteit bij vrouwen. Deze verhoging van motiliteit is iets geringer bij vrouwen dan bij mannen. Dit suggereert dat vrouwen wat verandering in motiliteit betreft niet gevoelig zijn voor geluid door verkeerspassages over een slaaperiode en (bijna) even sterk reageren als mannen bij geluiden die niet van de bron afkomstig zijn.

De verschillen tussen mannen en vrouwen liggen anders als naar zelf-geregistreerd ontwaken wordt gekeken. Bij afwezigheid van geluid van verkeerspassages is zelf-geregistreerd ontwaken bij mannen en vrouwen gelijk en bij toenemende geluidsbelasting door verkeerspassages neemt het effect op zelf-geregistreerd ontwaken bij vrouwen sterker toe dan bij mannen. Geluiden tijdens de slaap die niet afkomstig zijn van de verkeerspassages hebben zowel bij vrouwen als mannen geen aantoonbaar effect op zelf-geregistreerd ontwaken^c. De resultaten over zelf-geregistreerd ontwaken wijzen er op dat vrouwen en mannen ongeveer even gevoelig zijn voor geluiden die niet afkomstig zijn van verkeerspassages, en dat vrouwen met toenemende geluidsbelasting door verkeerspassages meer zelf-geregistreerd ontwaken vertonen dan mannen.

9.2.5 *Resultaten hartslagmetingen*

Het bleek moeilijk om deelnemers te interesseren voor het onderzoek met de hartslagapparatuur. We hebben over 174 nachten (80% van de planning, voor

^a Dit is globaal 24% van het totaal gemiddelde van het huidige onderzoek.

^b Dit is globaal 33% van het totaal gemiddelde van het huidige onderzoek.

^c We veronderstellen overigens dat bepaalde geluiden, die niet afkomstig zijn van verkeerspassages wel ontwaken veroorzaken, zoals bijvoorbeeld het afgaan van de wekker of het huilen van of roepen door een eigen kind. Met betrekking tot het afgaan van de wekker of het anderszins wakker gemaakt worden om op te staan, willen we hier nogmaals naar voren brengen dat de ontwaaktijd volgens internationale afspraak gekozen is als het midden van een periode van 10 minuten met vrijwel geen motiliteit, hetgeen impliceert dat de minuten van het wakker worden vóór het opstaan niet tot de slaaperiode gerekend worden.

deelnemers op wegverkeerslocaties 90%, en voor deelnemers op railverkeerslocaties 55% van de planning) bruikbare gegevens kunnen verzamelen. Een additionele moeilijkheid was dat we niet beschikten over resultaten van hartslagmetingen bij een groep personen die niet aan verkeersgeluid waren blootgesteld, zoals in het geval van motiliteit de referentie-locaties uit het GES-onderzoek. Desondanks hebben we op alle drie tijdschalen statistisch significante resultaten gevonden. Op momentaan niveau neemt de hartslag tijdens een verkeerspassage toe (en IBI af). We vinden het aannemelijk dat deze momentane verandering het gevolg is van sympatische activiteit. Over een slaaperperiode neemt de variabiliteit in IBI bij de hoogstbelasten minder af dan bij de minder belastende deelnemers als zij aan het begin van de slaap weinig variabiliteit in IBI hebben. Op geaggregeerd niveau over zes nachten neemt de variabiliteit in IBI af naarmate de totale geluidsbelasting in de slaapkamer toeneemt. We vermoeden dat deze beide bevindingen een gevolg zijn van een door de geluidsbelastingen veroorzaakte geringere toename van de parasympatische activiteit in de nacht.

9.2.6 *Onderzoeksopzet*

De opzet van het huidige onderzoek is zo gekozen dat de groep deelnemers gedurende zes nachten en dagen intensief in het onderzoek participeerden. Dit heeft per deelnemer veel informatie opgeleverd over motiliteit, zelf-geregistreerd ontwaken, variabelen uit de logboekjes, en de hartslag (evenwel naar rato van het aantal in het hartslagonderzoek betrokken deelnemersnachten). Ook is de geluidsbelasting gedurende de meetnachten uitvoerig in kaart gebracht. De keus van een participatie van deelnemers gedurende zes nachten (woensdagnacht als eerste en maandagnacht als laatste meetnacht) heeft ook om logistieke redenen plaatsgevonden. Met de gekozen opzet hebben we kunnen vaststellen dat er geen 'eerste nachts effect' in de metingen is opgetreden. Ook is gebleken dat er, althans op de gekozen locaties, slechts een klein verschil is in de geluidsbelasting over weekendnachten en weknachten. Daardoor bleek het helaas niet mogelijk om na te gaan of de gemiddelde motiliteit over een slaaperperiode een tijdelijke component bevat die met de geluidsbelasting over een slaaperperiode fluctueert.

De opzet van het onderzoek is echter ook zo gekozen dat er relatief weinig expositie-effectrelaties tussen algemene langetermijn-variabelen en de nachtelijke geluidsbelasting vastgesteld konden worden. Om de invloed van verkeersgeluid op langetermijn-variabelen (gezondheidsparameters) te onderzoeken is wellicht een andere vorm van onderzoek meer geëigend.

9.2.7 *Gebruikte geluidsvariabelen en de in milieuregelgeving gehanteerde geluidsmaten*

In het onderstaande bespreken we de overeenkomst tussen de in het onderzoek gebruikte geluidsvariabelen in de expositie-effectrelaties en de in milieuregelgeving gehanteerde (nachtelijke) geluidsbelastingsmaten.

In de expositie-effectrelaties hebben we de binnenbelasting door de geluidbron tijdens de slaap (*Lbi_bron_sleep*) als geluidmaat gehanteerd. Het is het over de zes slaaperperiodes geaggregeerde equivalente geluidniveau buiten (*Lbu_bron_sleep*) verminderd met *bbv*. Door *bbv* van elke slaapkamer zo goed mogelijk te bepalen, hebben we getracht om de binnenbelasting door de geluidbron tijdens de slaap zo betrouwbaar mogelijk uit de buitenbelasting te schatten. De buitenmeter in het huidige onderzoek was niet op een eenduidige wijze ten opzichte van de gevels van de betrokken woningen geplaatst. Hoewel de plaats van de buitenmeter van belang is voor zowel de waarde van *Lbu_bron_sleep* als voor de waarde van *bbv*, is de plaats van de

buitenmeter globaal van geen belang voor *Lbi_bron_sleep* (het verschil tussen *Lbu_bron* buiten en *bbv*).

De milieuregelgeving berust op geluidsmaten waarin de geluidsbelastingen door individuele verkeerspassages over een periode opgeteld/geaggregeerd zijn, dat wil zeggen op de jaargemiddelde nachtelijke geluidsbelasting (*Lnight*)⁵⁸⁻⁶¹. *Lnight* buiten is de basis van de in de milieuregelgeving gehanteerde geluidmaat om de belasting door nachtelijk geluid mee te beschrijven. *Lnight* buiten is het op jaarbasis, veelal uit berekeningen, geschatte equivalente geluidniveau buiten over acht uur per nacht (in Nederland van 23 uur 's avonds tot 7 uur 's morgens). Het is gebruikelijk om van *Lnight* buiten een *gemiddelde geluidwering* af te trekken om een schatting van *Lnight* binnen te bepalen. Zo wordt in de regelgeving over de nachtelijke geluidsbelasting in de omgeving van Schiphol gerekend met een *gemiddelde geluidwering* van 21 dB(A). Het verschil tussen buitenbelasting en binnenbelasting hangt af van de stand van het raam. In het huidige onderzoek hebben we gemiddeld bij gesloten raam een ruim 4 dB(A) groter verschil gevonden dan bij (enigszins) geopend raam. Punt van overweging is of en op welke wijze hiermee in milieuregelgeving omgegaan kan worden.

Met betrekking tot het verschil in de periode waarover de geluidsbelasting geaggregeerd wordt het volgende. In de milieuregelgeving wordt voor *Lnight* in Nederland uitgegaan van een bepaling van de geluidsbelasting van 23 uur 's avonds tot 7 uur 's morgens. In het rapport (tabel 4.2) hebben we aangegeven dat het *buiten gemeten equivalente geluidniveau van 23 – 7 uur* gemiddeld over zes nachten (de basis van *Lnight* buiten) vrijwel gelijk is aan *Lbu_bron_sleep*. Het lijkt ons redelijk om te veronderstellen dat bij het aggregeren over een jaar er ook weinig verschil zal zijn tussen *Lbu_bron_sleep* en het *buiten gemeten equivalente geluidniveau van 23 – 7 uur*. We verwachten daarom dat het integreren van de voor binnen afgeleide geluidsbelasting over een periode van 23 uur 's avonds tot 7 uur 's morgens en over de slaaperperiode tot dezelfde resultaten zal leiden.

De achtergrondvariabele *p40db* speelt een belangrijke rol in de expositie-effectrelaties met motiliteit als afhankelijke variabele; *p40db* is echter geen gangbare geluidmaat. Van de onderzochte maten die achtergrond beschrijven is *L90* in de praktijk gangbaar, en heeft bijna dezelfde voorspellende waarde als *p40db*. In het rapport is de relatie gegeven tussen *L90* en *p40db*, die gebruikt kan worden om *p40db* in expositie-effectrelaties te vervangen door *L90*.

9.2.8 *Aandachtspunten voor gebruik van de resultaten in de praktijk*

Over dit onderwerp behandelen we het volgende:

1. selectie van locaties
2. periode waarin het onderzoek plaatsvond
3. invloed van in het onderzoek geïnventariseerde factoren
4. invloed van in het onderzoek niet geïnventariseerde factoren.

Ad 1. Selectie van locaties

Bij de keuze van de locaties heeft een aantal praktische overwegingen een rol gespeeld. Dit betreft voldoende hoogbelaste woningen op een niet al te groot oppervlak, geen blootstelling aan meer dan één lokale geluidbron (bijvoorbeeld niet aan het geluid van twee drukke wegen), en de verwachte geluidwering van de slaapkamer (met name uitsluiting van locaties met woningen die in een geluidsisolatieprogramma voorzien zijn van suskasten; op dubbel glas hebben we niet geselecteerd, omdat dat een gangbare vorm van thermische (en akoestische) isolatie

geworden is). Na een voorlopige analyse van de geluidsgegevens van de eerste twee locaties, is ook de situering van de vermoedelijke slaapkamer van de volwassene(n) (ouderslaapkamer) als selectie criterium gebruikt, waarbij we zo goed mogelijk locaties hebben geselecteerd waarvan de vermoedelijke slaapkamer van de volwassene(n) enig zicht had op de verkeersbron. Dit is ten dele gelukt. Bij de eerste twee locaties had 50% van de slaapkamers van de deelnemers geen zicht op de verkeersbron (slaapkamer van de weg afgekeerd) en voor de daarna geselecteerde locaties was dit percentage 25%. Bij bijna 31% van de slaapkamers van de deelnemers (voor wegverkeer 33%, en voor railverkeer 20%) was de slaapkamer volledig naar de verkeersbron toegekeerd. Uit eerder onderzoek^{48,49} is gebleken dat 39% van de slaapkamers van de ondervraagden naar de drukke straat was toegekeerd. Dat percentage ligt dus nog iets hoger dan in het huidige onderzoek. Op basis van vele bezoeken van potentiële locaties verwachten we echter dat bij hoge nachtelijke geluidsbelastingen het doorsnee percentage slaapkamers van volwassenen in Nederland die naar de geluidbron toegekeerd zijn, lager ligt dan de 31% uit het huidige onderzoek. Op de toepasbaarheid van de expositie-effectrelaties die de geluidsbelasting *binnen* als blootstellingsvariabele hebben, heeft de situering van de slaapkamer ten opzichte van de voornaamste verkeersbron geen invloed en is de keuze van locaties dus van geen belang.

Ad 2. De periode waarin het onderzoek plaatsvond

Het veldonderzoek heeft plaatsgevonden in november 2004 en van januari tot en met april 2005. Het betrof overwegend onderzoek onder koude, natte en stormachtige omstandigheden. Dat heeft er naar onze mening toe geleid dat de ramen vaker gesloten zijn geweest (bij 40% van de deelnemers alle onderzoeksnachten, bij 17% van de deelnemers de helft van de onderzoeksnachten) dan doorsnee over het gehele jaar het geval is. Door het vaker gesloten zijn van de ramen konden we de expositie-effectrelaties over een kleiner bereik bepalen dan wanneer het onderzoek ook in de zomer zou hebben plaatsgevonden. Op warme zomernachten zou een hoge temperatuur in de slaapkamer mogelijk een interactie met geluid teweeg kunnen brengen. Uit laboratoriumonderzoek is gebleken dat hoge temperatuur (35 °C) in een slaapkamer als zodanig effect heeft op de slaapkwaliteit en de slaapstructuur (bestudeerd met slaap-EEG metingen), waarvan niet uitgesloten kan worden dat ze mogelijk van belang zijn voor de bestudeerde effectvariabelen⁶². Een interactie-effect van hoge temperatuur (35 °C) en geluid zou volgens de publikatie voornamelijk de slaapkwaliteit betreffen (aantal slaapstadiumveranderingen, aantal slaapstadiumveranderingen naar een minder diep stadium), en niet de slaapstructuur (percentage REM-slaap, percentage diepe slaap, percentage stadium 2). De interactie-effecten in het laboratoriumonderzoek zijn gering ten opzichte van het effect van de hoge temperatuur als zodanig op de slaap. Een interactie-effect zal in het huidige onderzoek niet zijn opgetreden, want er was 's nachts nooit sprake van zo hoge temperatuur als 35 °C. De vragen zijn of het in Nederland 's nachts wel eens zo warm is dat een interactie-effect op zou kunnen treden, om welk percentage nachten het in Nederland dan zou gaan en of een interactie-effect aanzienlijk zou kunnen zijn. Wij kennen geen enkel veldonderzoek die op die vragen antwoord geeft. Afgezien van een eventueel interactie-effect van temperatuur en geluid, waarover geen uitspraak te doen is, verwachten we niet dat de periode waarin het onderzoek heeft plaatsgevonden vertekening van de resultaten heeft gegeven, omdat het uitsluitend om expositie-effectrelaties gaat die de geluidsbelasting *binnen* als blootstellingsvariabele hebben.

Ad 3. Invloed van in het onderzoek geïnventariseerde factoren

In de analyses van de gegevens is ruim aandacht besteed aan mogelijke invloed op de expositie-effectrelaties van variabelen waarover in het onderzoek gegevens bekend zijn, zoals de geluidsbelasting in de slaapkamer die niet door het verkeer wordt veroorzaakt. Over die geluidsbelasting hebben we vastgesteld dat die invloed heeft op de relatie tussen gemiddelde motiliteit en de geluidsbelasting in de slaapkamer door de verkeersbron. We hebben niet de mogelijkheid om te achterhalen om welke geluiden het gaat. We hebben overigens niet de verwachting dat de in het onderzoek onderzochte situaties zullen afwijken van de doorsnee situaties in de Nederlandse woningen met betrekking tot de geluidsbelasting in de slaapkamer die niet door het verkeer wordt veroorzaakt.

Ook bleek bij gebruikers van sterk op de slaap werkende middelen (9% van de deelnemers) de motiliteit iets hoger te zijn dan bij hen die geen slaapmiddel gebruiken. We hebben bij de presentatie van expositie-effectrelaties de gegevens van de gebruikers van slaapmiddelen niet uitgesloten, ten eerste omdat het gemiddeld om heel kleine verschillen in motiliteit bij al dan niet uitsluiten gaat, ten tweede omdat het gebruik verdeeld is over de locaties, en ten derde omdat het plausibel is dat er ook bij een doorsnee bevolking personen zijn die deze middelen gebruiken. Dezelfde aanpak hebben we gevolgd in verband met het gebruik van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen (oordoppen, oorwatten), waarvan op een bescheiden percentage van de deelnemersnachten (2%) gebruik is gemaakt.

We verwachten dat we door presenteren van expositie-effectrelaties waarin we met de genoemde factoren geen rekening hebben gehouden goed aansluiten bij de doorsnee Nederlandse situatie.

Ad 4. In het onderzoek niet geïnventariseerde factoren

De naar onze inzichten belangrijkste variabele die mogelijk invloed heeft op sommige gepresenteerde expositie-effectrelaties is de geluidsbelasting door de verkeersbron overdag en 's avonds. Deze geluidsbelasting is niet gemeten en daardoor hebben we niet de gegevens om na te gaan of deze geluidsbelasting invloed heeft op bepaalde expositie-effectrelaties. Dit is volgens ons vooral van belang voor relaties die zijn vastgesteld met niet rechtstreeks aan het nachtelijke brongeluid gerelateerde effectvariabelen, zoals ervaren gezondheid en erge geluidhinder in en om het huis door het brongeluid over het etmaal (algemene erge geluidhinder door de bron).

Met betrekking tot beide effectvariabelen vinden we het zeer waarschijnlijk dat het zwakke verband met de geluidsbelasting door de bron tijdens de slaaperiode terug te voeren is op de geluidsbelasting overdag en 's avonds.

9.2.9 *Overwegingen over generaliseerbaarheid van het onderzoek*

We bespreken de volgende factoren die de generaliseerbaarheid van de resultaten kunnen beïnvloeden: selectie van deelnemers, selectieve respons van potentiële deelnemers, en informatie-bias.

Factoren die bij een selectie van deelnemers een belangrijke rol kunnen spelen zijn: wijze van uitnodigen van potentiële kandidaten voor deelname en uitsluiting van kandidaten. We achten het onwaarschijnlijk dat de expositie-effectrelaties vertekend zijn door selectie van de deelnemers, omdat de uitnodiging om deel te nemen aan alle adressen op een locatie is gezonden. We hebben in die uitnodiging opgenomen dat personen met nachtdiensten, zij die de nachtelijke verzorging hadden voor een huisgenoot (niet de normale zorg voor kleine kinderen), elke nacht

gehoorbeschermingsmiddelen droegen, en/of tot voor zes weken vóór het onderzoek waren gestart met het gebruik van sterke slaapmiddelen niet aan het onderzoek konden meedoen. Dit betekent dat de gevonden relaties mogelijk niet van toepassing zijn op deze beperkte groep. Aan het onderzoek namen wel personen deel die langere tijd van sterke slaapmiddelen gebruik maakten.

We achten het wel heel waarschijnlijk dat er selectief door potentiële deelnemers op de uitnodiging tot deelname gereageerd is. Immers, de potentiële kandidaten woonden op slechts 7% van de benaderde adressen. Toch hebben we bij een vergelijking van de resultaten uit het vragenlijstonderzoek onder niet-deelnemers met de resultaten van de vragenlijst die door deelnemers is ingevuld, geen aanwijzingen gevonden voor een selectieve respons van de deelnemers die een vertekening van de onderzoeksresultaten zou kunnen geven. In dit kader is ook van belang de representativiteit van de niet-deelnemers met betrekking tot de gehele populatie op de onderzoekslocaties. De respons van de niet-deelnemers was ongeveer 30%, hetgeen niet afwijkt van de te verwachten respons op schriftelijk gehouden vragenlijstonderzoek⁶³⁻⁶⁵, maar is in absolute zin toch aan de lage kant.

Een andere potentiële oorzaak van selectiviteit is het door deelnemers tussentijds beëindigen van deelname aan het onderzoek. Deze vorm van selectiviteit is in het huidige onderzoek niet opgetreden, want geen van de deelnemers heeft tussentijds deelname gestopt.

De deelnemers wisten dat het in het onderzoek ging om verkeersgeluid en slaap. We hebben getracht om de kans op informatie-bias zo klein mogelijk te houden door bij de uitvoering van het onderzoek geen nadruk te leggen op verkeersgeluid. Zo is in de logboekjes nooit rechtstreeks aan de deelnemers gevraagd naar de gevolgen van verkeersgeluid op hun slaap. Alle deelnemers hebben ook dezelfde instructies ontvangen, ongeacht hun geluidsbelasting en slaapgewoonten.

Een belangrijke constatering is dat alle metingen, ook de geluidsmetingen binnen en buiten, op identieke wijze op elke locatie en bij elke deelnemer zijn uitgevoerd. Ook in de analyses van de uitkomsten van de metingen zijn voor elke locatie en voor elke deelnemer identieke procedures gevolgd. Verder zijn alle opschoningen van de originele effectgegevens (actigrammen, ECG, zelf-geregistreerd ontwaken, logboekjes, slaperigheidsstrips, vragenlijst) verricht zonder kennis van andere gegevens van de deelnemers, zoals hun geluidsbelasting door het brongeluid binnen in de slaapkamer. Op basis van het bovenstaande lijkt ons de conclusie gerechtvaardigd dat kennis van de deelnemers over het doel van het onderzoek de resultaten niet beïnvloed zal hebben.

Met betrekking tot de generaliseerbaarheid van de resultaten van het onderzoek het volgende. Omdat aan het onderzoek geen kinderen, personen met nachtdiensten, en ernstig zieke mensen deelnamen, zijn de resultaten van het onderzoek niet toepasbaar op deze mensen. Het is niet uit te sluiten dat nachtelijk verkeersgeluid op populaties met leefomstandigheden die sterk afwijken van die in Nederland een wat ander effect zou hebben dan in het onderzoek is gevonden.

9.3 Vergelijking uitkomsten voor nachtelijk weg- en railverkeersgeluid

Op momentaan niveau is de extra kans op (begin van) motiliteit door verkeerspassages van *gemiddelde duur* niet afhankelijk van het type bron (lokaal/provinciaal wegverkeer, snelwegverkeer, en railverkeer). Van enig belang is de achtergrondvariabele *p40db*. Bij de luidste onderzochte verkeerspassages is 4,5 uur na

inslapen de extra kans op motiliteit bij deelnemers op snelweglocaties ongeveer 25% hoger dan bij deelnemers op railverkeerslocaties; voor begin van motiliteit is dit ongeveer 10%. Er is ook niet veel verschil tussen de brontypen in de *gemiddelde* duur van de verkeerspassages. De duur van een railverkeerspassages kan echter soms aanzienlijk langer zijn dan die van wegverkeerspassages. Bij de 2,5% van de railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten is de extra kans op motiliteit door de railverkeerspassage ongeveer 1,5 maal zo groot als de extra kans voor een weg- of railverkeerspassage van gemiddelde duur. Eén op de veertig onderzochte passages (2,5%) impliceert vijftien van dergelijke passages over de in totaal op de raillocaties geanalyseerde bijna 100 uur (24 nachten maal 4 uur). Omdat deze lange passages relatief zo weinig voorkomen, verkleint dit het eerder genoemde verschil van 25% in extra kans op motiliteit (en van 10% in extra kans op begin van motiliteit) bij deelnemers op snelweglocaties ten opzichte van die bij deelnemers op railverkeerslocaties nauwelijks.

Op momentaan niveau hebben we ook geen afhankelijkheid van brontype in de effecten van verkeersgeluid op de hartslagvariabelen kunnen vaststellen. Wel is het zo dat bij langere verkeerspassages de hartslag evenredig aan de duur van de verkeerspassage hoger ligt. Bij de 2,5% van de railverkeerspassages met een effectbeoordelings-interval van tenminste 2 minuten, is de duur van de gemiddelde hartslagverhoging dan ook bijna twee maal zo lang als bij een verkeerspassage van gemiddelde duur (effectbeoordelings-interval ruim 1 minuut). Gezien het kleine effect op momentaan niveau van geluid op de hartslag en de geringe mate waarin de lange railverkeerspassages voorkomen, verhogen deze lange railverkeerspassages het totaal aantal hartslagen over de beschouwde uren van de nacht nauwelijks.

Over een slaaperiode hebben we ook geen invloed van brontype op de effecten van verkeersgeluid kunnen vaststellen. Dit geldt zowel voor motiliteit, begin van motiliteit, hartslagvariabelen, zelf-geregistreerd ontwaken, en de drie variabelen uit de logboekjes met een relatie met de geluidsbelasting. In praktische situaties is echter wat betreft motiliteit en begin van motiliteit in situaties met railverkeersgeluid door het lage achtergrondniveau (in termen van *p40db*) de gemiddelde motiliteit zowel bij mannen als vrouwen lager dan bij de wegverkeerslocaties met dezelfde geluidsbelasting door de verkeerspassages in de slaapkamer. Dat heeft tot gevolg dat motiliteit en begin van motiliteit in situaties met railverkeersgeluid door het lage achtergrondniveau zowel bij mannen als vrouwen lager (globaal 28% van het totaal gemiddelde) ligt dan bij deelnemers op de snelwegverkeerslocaties met dezelfde geluidsbelasting door verkeerspassages in de slaapkamer, en globaal 10% van het totaal gemiddelde lager dan bij de deelnemers op de locaties met lokaal/provinciaal wegverkeer.

De geaggregeerde data voor motiliteit en begin van motiliteit geven hetzelfde beeld als beschreven voor effecten gedurende één slaaptijd. Voor de overige effectvariabelen is of geen relatie met de geluidsbelasting vastgesteld of er is geen effect van het type bron.

Conclusie: bij blootstelling aan railverkeersgeluid is de over een slaaperiode en over alle slaaperiodes gemiddelde motiliteit (en begin van motiliteit) door het lage achtergrondniveau bij dezelfde geluidsbelasting aan verkeerspassages belangrijk minder dan bij wegverkeersgeluid. Ook op momentaan niveau is het effect van railverkeerspassages iets geringer dan bij wegverkeerspassages, hoewel in bijzondere gevallen (2,5% van de onderzochte railverkeerspassages) bij langdurige passages de momentane motiliteit door railverkeerspassages groter is dan die voor weg- en

railverkeerspassages van gemiddelde duur. Voor de overige effectvariabelen is of geen relatie met de geluidsbelasting door de bron vastgesteld of er is geen of een verwaarloosbaar effect van het type bron. Op basis hiervan concluderen we dat het uiterst onwaarschijnlijk is dat railverkeer met een bepaalde geluidsbelasting meer effect op de onderzochte variabelen teweegbrengt dan wegverkeer met dezelfde geluidsbelasting; we verwachten integendeel dat de effecten door railverkeersgeluid geringer zijn. We zijn over deze laatste uitspraak echter voorzichtig, omdat het in het huidige onderzoek gevonden grote belang van een laag achtergrondniveau (nog) niet is bevestigd door expositie-effectrelaties die in ander onderzoek zijn bepaald.

9.4 Prevalentie-schattingen

Ten behoeve van het schatten van prevalenties hebben we met de door RIVM beschikbaar gestelde gegevens over het jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge weg- of railverkeersgeluid, berekend over 23 – 7 uur (*Lnight buiten*), berekend over het jaar 2003, drie relaties met dichotome effectvariabelen kunnen opstellen. Het betreft de effectvariabelen ‘erge geluidhinder door brongeluid in de slaapkamer’, ‘erge slaapverstoring door de geluidbron’, en ‘tenminste een bepaald aantal slaapproblemen door de geluidbron per week’^a.

9.5 Conclusie

Het onderzoek heeft aangetoond dat nachtelijk verkeersgeluid nadelige gevolgen heeft op de slaap. In het onderzoek participeerden 262 deelnemers gedurende zes nachten en vijf dagen. Er is veel informatie verzameld over motorische onrust tijdens het slapen, in de slaaperperiode wakker worden, beoordeling van de slaapkwaliteit, moeite om in slaap te komen, en over de hartslag tijdens de slaap (voor een subgroep van 36 personen).

We hebben een samenhangend beeld gevonden. Naarmate de blootstelling aan weg- en railverkeersgeluid tijdens de slaap toeneemt, nemen de nadelige gevolgen op motiliteit, hartslag, en op aspecten van de ervaren slaapkwaliteit toe. Het gaat daarbij om geluiden van verkeerspassages die tot in de slaapkamer doordringen.

De gegevens hebben we op drie tijdschalen onderzocht, namelijk een verkeerspassage (geluidsgebeurtenis), een slaaperperiode, en over alle zes slaaperperiodes. Op basis van bijna 6300 gedetecteerde verkeerspassages in het midden van de nacht (gedurende vier uur per nacht) op alle locaties te samen hebben we aangetoond dat er een acute verhoging is van de motiliteit tijdens de passages. Globaal neemt de kans op motiliteit door de luidste onderzochte verkeerspassage midden in de nacht op 0,5 en 4,5 uur na inslapen toe met respectievelijk 10 en 50% van de totaal gemiddelde kans op motiliteit. Deze reacties zijn opmerkelijk, omdat er op locaties veel passages kunnen zijn. Op de locatie met de meeste gedetecteerde verkeerspassages zijn er midden in de nacht gemiddeld 40 passages per uur. De reacties kunnen dan dus vele malen per nacht optreden.

We hebben de blootstelling-effect relaties uit het huidige onderzoek vergeleken met de relaties die we hebben afgeleid in eerder onderzoek in de omgeving van de luchthaven Schiphol naar de gevolgen van vliegtuigeluid hebben uitgevoerd. Globaal zijn de

^a Ook hebben we een relatie vastgesteld tussen de buiten gemeten geluidsbelasting over de slaaperperiodes van de deelnemers en de dichotome effectvariabele ‘al dan niet ten minste eens per week slaapverstoring door de geluidbron’. Met behulp van het verband tussen *Lnight buiten* en de buiten gemeten geluidsbelasting over de slaaperperiodes van de deelnemer kan deze relatie omgewerkt worden naar de relatie met *Lnight buiten* als geluidsbelastingsvariabele.

acute effecten op motiliteit van de luidste en langdurigste in het huidige onderzoek bestudeerde *railverkeerspassages* bij dezelfde tijd na inslapen een factor vier kleiner dan de acute effecten van de luidste, eerder bestudeerde *vliegtuigpassages*. Daar staat tegenover dat het aantal vliegtuigpassages veel geringer was: in het onderzoek in de omgeving van Schiphol ging het gemiddeld om 31 vliegtuigpassages gedurende de gehele slaaperiode van de deelnemers. Daarom zou het aantal acute effecten op bewoners in de lawaaigste situaties nog wel eens van dezelfde orde-grootte kunnen zijn.

De gevonden effecten van weg- en railverkeerspassages op de hartslagfrequentie (aantal slagen per minuut) zijn beperkt. We hebben geen relaties kunnen vaststellen van de hartslag met het geluid van de verkeerspassages, maar alleen met alle geluiden die in de slaapkamer optreden. Daarbij is er vrijwel geen acute reactie op de hartslag van mannen, bij de luidste bestudeerde geluiden in de slaapkamer neemt bij vrouwen de hartslag tijdens een geluidsgebeurtenis gemiddeld met 2,5 slag per minuut toe.

Op basis van 1572 deelnemersnachten (waarbij in 172 nachten hartslagmetingen zijn uitgevoerd) hebben we, gemiddeld over een slaaperiode, effecten vastgesteld van de geluidsbelasting door de verkeersbron op motiliteit (motorische onrust), hartslag en aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken. Het huidige onderzoek suggereert dat een hoog achtergrondgeluid op de wegverkeerslocaties, vooral snelwegen, sterk bijdraagt aan de motiliteit tijdens de slaap. In die situaties wordt het achtergrondgeluid deels veroorzaakt wordt door naderende en zich verwijderende voertuigen en voor een deel door reflectie van verkeersgeluid op afstand.

De onderzoeksresultaten wijzen er ook op dat vrouwen wat toename van motiliteit gedurende een slaaperiode betreft niet gevoelig zijn voor geluid van verkeerspassages in een slaaperiode maar wel (bijna) even gevoelig als mannen voor geluiden binnen die niet van de bron afkomstig zijn. Zelf-geregistreerd ontwaken neemt toe met de geluidsbelasting door verkeerspassages, waarbij bij gelijke geluidsbelasting vrouwen vaker aangeven wakker te zijn geworden dan mannen.

De over zes nachten geaggregeerde gegevens laten hetzelfde beeld wat motiliteit betreft zien als we op basis van de afzonderlijke nachten geschetst hebben.

Uit de vergelijking van de resultaten voor wegverkeersgeluid en die voor railverkeersgeluid concluderen we dat het onwaarschijnlijk is dat railverkeer met een bepaalde geluidsbelasting meer negatief effect op de slaap teweegbrengt dan wegverkeer met dezelfde geluidsbelasting en dat mogelijk de effecten van railverkeersgeluid geringer zijn.

Omdat aan het onderzoek geen kinderen, personen met nachtdiensten, en ernstig zieke mensen deelnamen, zijn de resultaten van het onderzoek wellicht niet toepasbaar op deze mensen. Verder verwachten we dat de resultaten representatief zijn voor de algemene bevolking. Het is niet uit te sluiten dat nachtelijk verkeersgeluid op populaties met leefomstandigheden die sterk afwijken van die in Nederland een wat ander effect zou hebben dan in het onderzoek is gevonden.

A Akoestische aspecten

A.1.1 Buitenbinnenverschillen

Om te kunnen schatten wat de geluidsbelastingen in de slaapkamer zijn die zijn veroorzaakt door luidere weg- of railverkeerspassages, hebben we op basis van de luidste verkeerspassages die in de stillere periode van een nacht optreden het zogenoemde *buitenbinnenverschil* (*bbv*) van een slaapkamer bepaald. We zijn daarbij stapsgewijs te werk gegaan.

1. De stillere periodes hebben we bepaald op basis van per nacht per half uur van 22 uur 's avonds tot 9 uur 's morgens berekende waarden van *L90 over 30 minuten* (de waarde die door 90% van de waarden van *Lbu_1s* wordt overschreden) uit de 1800 *Lbu_1s* waarden per 30 minuten. Als $L90 \leq 45$ dB(A) dan hebben we het half uur beschouwd als een periode met een (relatief) laag achtergrondniveau. Over het algemeen betrof het aaneensluitende halve uren vanaf een zeker tijdstip tot een zeker tijdstip. Uiteindelijk hebben we voor elke locatie de stillere perioden gedurende de nacht gekozen als 0 uur tot 4 uur in nachten waarop werkdagen volgen en 1 uur tot 5 uur op nachten waarop weekenddagen volgen, hoewel op snelwegen niet altijd voldaan werd aan $L90 \leq 45$ dB(A)
2. Vervolgens hebben we (ongeacht nacht) per meetinterval van zes nachten bepaald wat de 100 minuten waren met het hoogste maximum geluidniveau (*Lmax*) op de buitenmeter en rond het tijdstip van *Lmax* op de buitenmeter 30 s voor en 30 s na de seconde met *Lmax* een venster gelegd. Uit de visuele controle van *Lbu_1s* over ruim een kwart van de 61-s intervallen per locatie besloten we dat we te maken hadden met luide weg- of railverkeerspassages. Per passage hebben we het verschil tussen *Lmax buiten* en *Lmax binnen* in de slaapkamer bepaald voor die passages die optraden in de stillere perioden na inslapen en voor wakker worden van de deelnemer of beide deelnemers
3. Om vast te stellen of de slaapkamer akoestisch verontreinigd was met het geluid niet afkomstig van de luide passages, hebben we op basis van de gegevens van de eerste locaties een aantal criteria ontwikkeld die betrekking hebben op de vijf minuten waarin de passage op de buitenmeter optrad. Daartoe hebben we om te beginnen per slaapkamer voor alle perioden van vijf minuten *Lbi1s,99%*, *Lbi1s,95%*, *Lbi1s,10%*, en *Lbi1s,5%* bepaald (*Lbi1s,x%* is de waarde die door x% van de waarden van *Lbi_1s* juist wordt overschreden). Als aan één of meer van de volgende criteria voldaan werd:
 - $Lbi1s,95\% \geq 25$ dB(A)
 - $Lbi1s,10\% \geq 35$ dB(A)
 - $Lbi1s,5\% - Lbi1s,99\% \geq 11$ dB(A)
 achtten we de slaapkamer akoestisch verontreinigd en hebben we het verschil tussen *Lmax buiten* en *Lmax binnen* in de slaapkamer niet in de berekeningen meegenomen. Met de resterende passages op de buiten- en een binnenmeter hebben we tenslotte het gemiddelde verschil (*buitenbinnenverschil*, *bbv*) tussen *Lmax buiten* en *Lmax binnen* in de slaapkamer bepaald, evenals de standard error van het gemiddelde. Voor 116 van de 175 slaapkamers kon op deze wijze *bbv* berekend worden, met standard errors in *bbv* ten hoogste 1 dB(A)
4. De resterende 59 slaapkamers lagen vooral op de locaties in de nabijheid van snelwegen (42, 43, 46), in Den Haag (44) en in Utrecht (51) en Tilburg (52). Voor de slaapkamers op de wegverkeerslocaties (42, 43, 44, 46) hebben we criterium 1 niet toegepast, omdat *Lbi1s,95%* de 25 dB(A) overschreed omdat

door het doorlopende wegverkeer zelf deze waarde werd overschreden. Voor de slaapkamers op de raillocaties Utrecht (51) en Tilburg (52) hebben we de criteria 2 en 3 ook laten vallen, omdat de treinpassages zo lang (meer dan 15 s) duurden dat ook aan die criteria zelden voldaan werd. Vervolgens is stap 2 herhaald. Dat leverde 34 waarden van *bbv* op met standard errors van ten hoogste 1,4 dB(A)

5. Voor de resterende 25 slaapkamers hebben we de zoekperiode van in de nacht verplaatst naar vóór het naar bed gaan of na het opstaan van de deelnemer of beide deelnemers. In alle gevallen hebben we een visuele controle uitgevoerd op de geselecteerde passages, ten einde uit te sluiten dat er een verkeerde matching van buitenwaarde en binnenwaarde zou plaatsvinden, waarbij we gelet hebben op de ligging van de betrokken slaapkamer ten opzichte van de plaats van de buitenmeter en van de buiten geplaatste binnenmeter, en van nabijgelegen slaapkamers waar in de voorgaande stappen wel een *bbv* voor was bepaald. Op die wijze is voor 23 slaapkamers, alle op twee na, *bbv* bepaald, met standard errors van ten hoogste 1,6 dB(A)
6. Van de resterende twee slaapkamers kon geen *bbv* worden bepaald, omdat de binnenmeter (in beide slaapkamers dezelfde binnenmeter, op locatie 422 en op de erop volgende locatie 431) niet gefunctioneerd had.

We zijn uitgegaan van de 100 luidste verkeerspassages op de buitenmeter tijdens een locatie-interval van zes nachten. Door de akoestische verontreiniging van de slaapkamer ligt het aantal waarnemingen waar *bbv* van een slaapkamer op berust op gemiddeld 32,6.

In de individuele waarden van *Lmax buiten* - *Lmax binnen* van een slaapkamer, die gemiddeld *bbv* van die slaapkamer geven, zit een spreiding. Van deze spreiding hebben we per slaapkamer de standaarddeviatie bepaald. In de middelste kolom van tabel A1 is voor elke locatie het gemiddelde van de standaarddeviaties van *Lmax buiten* - *Lmax binnen* van alle slaapkamers op een locatie gegeven. De rechterkolom geeft de spreiding in de standaarddeviaties van *Lmax buiten* - *Lmax binnen*. De laatste rij van tabel A1 geeft het gemiddelde en de standaarddeviatie van *Lmax buiten* - *Lmax binnen* voor alle 173 slaapkamers.

Tabel A1 Standaarddeviatie in *Lmax buiten* – *Lmax binnen*: gemiddelde en standaarddeviatie van de standaarddeviatie in *Lmax buiten* – *Lmax binnen* van de slaapkamers per locatie, en in de laatste rij over alle slaapkamers.

locatie	gemiddelde van de standaarddeviaties per locatie	standaarddeviatie van de standaarddeviatie
40	4,0	1,5
41	4,8	1,0
42	5,8	1,2
43	4,3	1,6
44	4,4	2,0
45	4,1	1,6
46	4,0	1,1
47	4,1	1,1
50	4,0	1,8
51	5,8	1,7
52	5,1	1,7
53	4,5	1,6
173 slaapkamers	4,55	1,55

Hoewel oorspronkelijk gepland was om bij het bepalen van *bbv* van een slaapkamer rekening te houden met de stand van het slaapkamerraam, die zeker van invloed is op het verschil tussen *Lmax buiten* en *Lmax binnen* van de luidere passages, is hiervan afgezien, ten eerste omdat in veel gevallen de stand van het raam elke nacht dezelfde was. Ten tweede was het meestal niet mogelijk om in het geval dat een deel van de nachten het raam op een andere stand stond, voor beide mogelijkheden voldoende luidruchtige passages te selecteren. Ten derde bleek het mogelijk om, ook al werd geen rekening gehouden met de stand van het raam, de standard error in *bbv* in te perken.

In het volgende gaan we na of de variatie in de stand van het slaapkamerraam bij het slapen gaan een belangrijke bijdrage levert aan de onbetrouwbaarheid van het schatten van het verschil tussen *Lmax buiten* en *Lmax binnen* in individuele gevallen, en of het veranderen van de stand van het slaapkamerraam in de slaaperperiode bijdraagt aan deze onbetrouwbaarheid.

Stand van het slaapkamerraam bij het slapen gaan

In het ochtendlogboekje is een vraag opgenomen naar de stand van het slaapkamerraam bij het slapen gaan. De antwoordcategorieën zijn:

1. geheel gesloten
2. op een kiertje
3. handbreed open
4. vrij ver open
5. geheel geopend

Het totaal aantal deelnemers was 262; het totaal aantal deelnemersnachten 1572.

De verdeling van de stand van het raam bij slapen gaan is als volgt:

- bij 195 deelnemers was de stand van het raam bij het slapen gaan alle zes nachten dezelfde (antwoordcategorie 1 110 deelnemers, antwoordcategorie 2 43 deelnemers, antwoordcategorie 3 31 deelnemers, antwoordcategorie 4 1 deelnemer, antwoordcategorie 5 10 deelnemers)
- bij 23 deelnemers was de stand van het raam niet alle nachten hetzelfde, maar was het raam wel alle nachten geopend (dat wil zeggen antwoordcategorie 1

- kwam niet voor); de positie van het raam verschilde over de zes nachten over het algemeen maar één antwoordcategorie (bijvoorbeeld één nacht 4, vijf nachten 3)
- bij 44 deelnemers was de stand van het raam niet alle nachten dezelfde, en was het raam tenminste één nacht gesloten en tenminste één nacht geopend.

Het grootste effect op de geluidswering heeft het gesloten of geopend zijn van het slaapkamerraam. Bij de 44 deelnemers waarvoor het raam zowel open als gesloten was gedurende tenminste één van de zes nachten, zal daardoor de variatie in L_{max} buiten – L_{max} binnen naar verwachting groter zijn dan die variatie bij de deelnemers met dezelfde stand van het slaapkamerraam. De gemiddelde standaarddeviatie in de enkele waarneming van L_{max} buiten – L_{max} binnen van de 33 slaapkamers van de 44 deelnemers is 4,85 dB(A), van de overige 141 slaapkamers 4,51 dB(A). De gemiddelde standaarddeviatie in de enkele waarneming van de 33 slaapkamers is daarmee 7,5% hoger dan die van de overige slaapkamers.

De verdeling naar het open of gesloten zijn van de slaapkamerramen van de 44 deelnemers is als volgt:

- 13 deelnemers 5 nachten gesloten, 1 nacht open
- 7 deelnemers 4 nachten gesloten, 2 nachten open
- 6 deelnemers 3 nachten gesloten, 3 nachten open
- 5 deelnemers 2 nachten gesloten, 4 nachten open
- 13 deelnemers 1 nacht gesloten, 5 nachten open

Dit houdt in dat gemiddeld de helft van de nachten het raam gesloten en de helft van de nachten het raam geopend is. Dat betekent dat er voor de helft van de nachten van de 44 deelnemers een overschatting is van L_{max} buiten – L_{max} binnen (namelijk als de ramen open zijn) en voor de helft van de nachten een onderschatting.

Op basis van de 195 gevallen waarin de stand van het slaapkamerraam alle zes nachten dezelfde was, is eerst de gemiddelde bbv per stand van het slaapkamerraam berekend.

De uitkomst is:

stand van raam	aantal deelnemers	gemiddelde bbv
1. geheel gesloten	n=110	35,0 dB(A)
2. op een kiertje	n=43	32,2 dB(A)
3. handbreed open	n=31	29,0 dB(A)
4. vrij ver open	n=1	32,8 dB(A)
5. geheel geopend	n=10	34,5 dB(A)

Nemen we de categorieën 2 tot en met 5 samen tot slaapkamerraam geopend, dan is de uitkomst:

stand van raam	aantal deelnemers	gemiddelde bbv
geheel gesloten	n=110	35,0 dB(A)
geopend	n=85	31,4 dB(A)

Het gemiddelde verschil komt uit op 3,6 dB(A).

In deze vergelijking is geen rekening gehouden met verschillen in bbv tussen locaties. En die verschillen zijn er in principe wel, omdat de plaats van de buitenmeter niet gestandaardiseerd was. Houden we wel rekening met verschillen tussen locaties, en voeren we een multilevel-regressieanalyse uit met locatie als random factor, bbv als afhankelijke variabele en dummy variabele van raam geopend of gesloten als onafhankelijke variabele, dan is deze dummy variabele gelijk aan 4,42 dB(A). Dit is de beste schatting die gemaakt kan worden op basis van het beschikbare bewerkte materiaal.

Dit resultaat impliceert dat gemiddeld in de helft van de nachten van de 44 deelnemers een L_{max} buiten – L_{max} binnen met 2,2 dB(A) wordt overschat als de berekende bbv wordt gebruikt als schatter van L_{max} buiten – L_{max} binnen (namelijk als de ramen open zijn), en voor de helft van de nachten met 2,2 dB(A) wordt onderschat.

De gemiddelde standaarddeviatie in de enkele waarneming van L_{max} buiten – L_{max} binnen van de 23 deelnemers met verschillen tussen nachten in de stand van het geopende raam, is 0,12 lager dan die van de 86 deelnemers met alle nachten een geopend raam op dezelfde stand. Dit geeft steun aan de veronderstelling dat de variatie in de opgegeven stand van het slaapkamerraam niet bijdraagt aan de ruis in bbv .

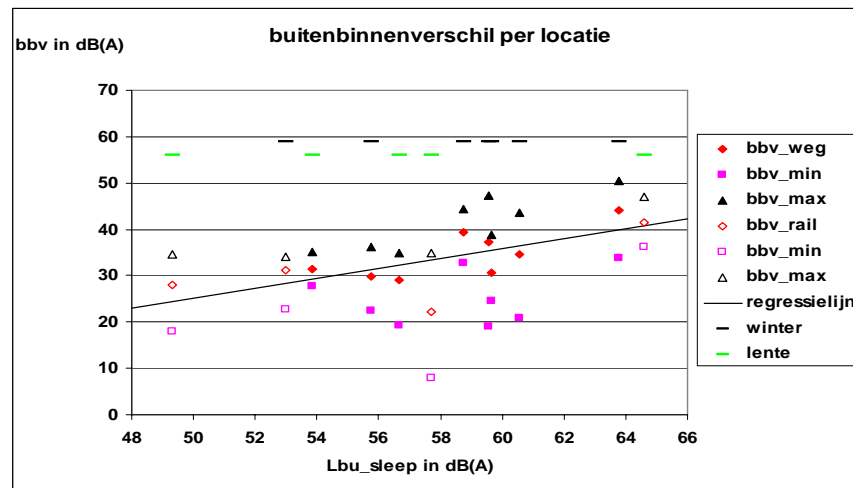
Conclusie: Voor 218 van de 262 deelnemers (83%) is bbv een schatter van L_{max} buiten – L_{max} binnen waarvoor de verschillen tussen nachten in de stand van het slaapkamerraam irrelevant zijn. Voor 44 deelnemers (17%) wordt gemiddeld in de helft van de nachten een overschatting van L_{max} buiten – L_{max} binnen van 2,2 dB(A) gemaakt en gemiddeld in de helft van de nachten een onderschatting van 2,2 dB(A). Dit impliceert tevens dat voor de 44 deelnemers gemiddeld in de helft van de nachten een overschatting van $L_{bi_bronspt}$ van ongeveer 2 dB(A) wordt gemaakt en gemiddeld in de helft van de nachten een onderschatting van ongeveer 2 dB(A). Voor $L_{bi_bron_sleep}$ van de 44 deelnemers is de consequentie een ongeveer 0,5 dB(A) te hoge waarde.

Veranderen van de stand van het raam in de loop van de nacht

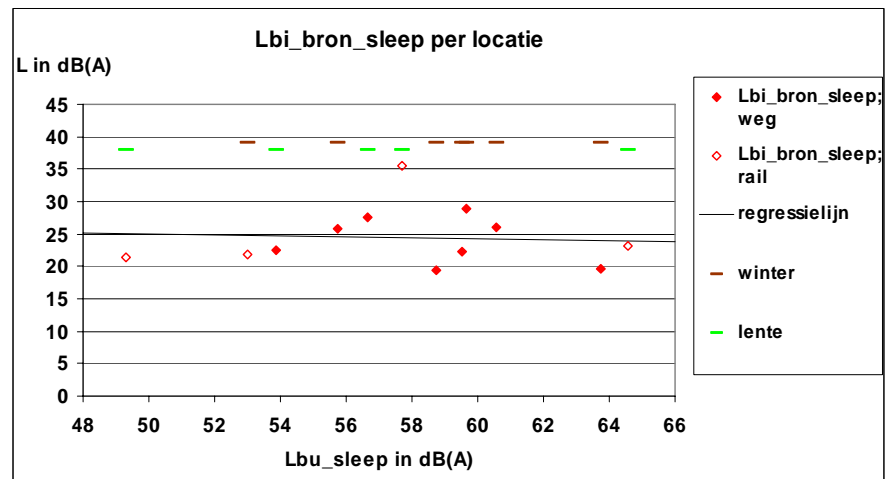
In het ochtendlogboekje is gevraagd of de stand van het slaapkamerraam in de loop van de nacht veranderd was, en zo ja waarom dit was gebeurd en wat de gewijzigde stand van het slaapkamerraam was. Een verandering van de stand van het slaapkamerraam heeft 19 maal (1,2% van de nachten) binnen een slaapperiode van een deelnemer plaatsgevonden. Van deze 19 maal was dit 9 maal (0,6%) in de delen van de nacht die gebruikt zijn om bbv te berekenen. Twee maal is het geluid van autoverkeer op de snelweg als reden gegeven (om half zes en zeven uur, en daarbij buiten de periode die gebruikt is om bbv te bepalen), en de overige redenen hadden te maken met de temperatuur in de slaapkamer: te koud, te warm, ventileren, de hond had het koud.

Conclusie: Omdat een verandering van de stand van een slaapkamerraam zo weinig opgetreden is in de periode die gebruikt is om bbv te bepalen en nooit te maken had met het brongeluid, is het uiterst onwaarschijnlijk dat dit een merkbaar effect heeft gehad op de bepaling van bbv . Omdat een verandering van de stand van een slaapkamerraam überhaupt weinig opgetreden is, is het effect van die veranderingen van geen wezenlijk belang voor de geluidsbelasting van de deelnemers.

In figuur A1 is een overzicht gegeven van de bbv 's per locatie als functie van het per locatie gemiddelde equivalente geluidniveau op de buitenmeter, gemeten gedurende de slaapperiodes van de deelnemers (L_{bu_sleep}). Zowel de gemiddelde waarde van bbv als het maximum en minimum is per locatie in de figuur weergegeven. In de figuur is onderscheid gemaakt naar weg- en railverkeerslocatie. Ook is in de figuur weergegeven of de metingen op een locatie in de winter of in de lente hebben plaatsgevonden. Tevens is de regressielijn opgenomen, die is berekend uit de gegevens per deelnemer. Uit de regressielijn blijkt dat bbv toeneemt als L_{bu_sleep} toeneemt. In figuur A2 is de consequentie van deze toename op $L_{bi_bron_sleep}$ (het equivalente geluidniveau dat binnen door de bron wordt veroorzaakt) getoond.



Figuur A1 Buitenbinnenverschil per locatie (maximum op locatie, gemiddelde over deelnemers, minimum op locatie) als functie van het op de buitenmeter gemeten equivalente geluidniveau gedurende de slaaperiodes van deelnemers.



Figuur A2 Over deelnemers gemiddeld equivalent geluidniveau door geluidbron binnen in de slaapkamer, per locatie, als functie van het op de buitenmeter gemeten equivalente geluidniveau gedurende de slaaperiodes van deelnemers.

Uit figuur A2 blijkt dat gemiddeld het in de slaapkamer door de bron veroorzaakte equivalente geluidniveau gedurende de zes slaaperiodes (*Lbi_bron_sleep*) niet afhangt van de op de buitenmeter gemeten niveaus gedurende de slaaptijden van de deelnemers. De spreiding in *Lbi_bron_sleep* is dezelfde als die in *bbv* uit figuur A1.

A.1.2 Bepaling van luidere verkeerspassages op de buitenmeter

We zijn als volgt te werk gegaan om luidere verkeerspassages op de *buitenmeter* in de stillere perioden van de nacht, inclusief de luidste die in paragraaf A.1.1 gebruikt zijn, te detecteren (zie voor een illustratie figuur A3):

1. Allereerst hebben we voor de beschouwde periodes van de zes nachten (0 tot 4 uur op nachten vóór werkdagen en 1 tot 5 uur voor nachten vóór weekenddagen) per half uur *L90 over 30 minuten* (de waarde die door 90%

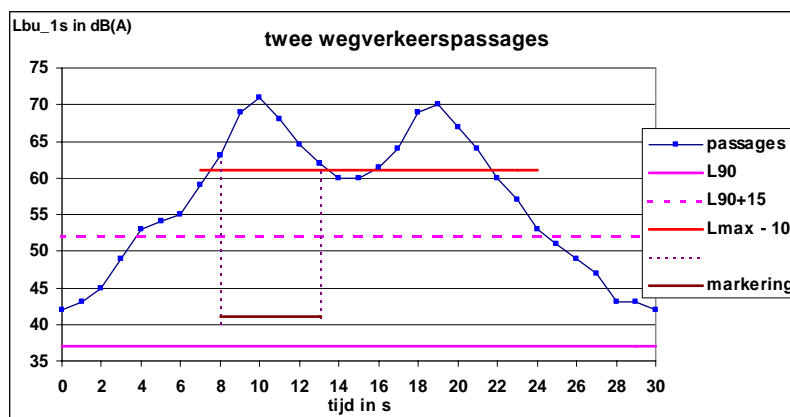
van de 1800 waarden van Lbu_{1s} in dat halve uur wordt overschreden) berekend^a

2. Vervolgens hebben we de intervallen (bestaande uit een serie opeenvolgende secondes of uit één geïsoleerde seconde) bepaald waarin $Lbu_{1s} \geq L90 + 15$ dB(A)
3. Daarna hebben we het verschil tussen het *maximum* en *minimum* van Lbu_{1s} van een interval bepaald. Als het verschil tussen het *maximum* en *minimum* van Lbu_{1s} van een interval tenminste 10 dB(A) is, hebben we in eerste instantie aangenomen dat er sprake is van verkeersgeluid; verkeersgeluid dat buiten boven het achtergrondniveau duidelijk hoorbaar is. Het *maximum* van Lbu_{1s} is dan voor snelwegverkeer tenminste 65 dB(A) en voor lokaal/provinciaal en railverkeerspassages 58 – 60 dB(A)
4. Om vast te stellen of het in een interval met een verschil tussen het *maximum* en *minimum* van Lbu_{1s} van tenminste 10 dB(A) om één of meer vergelijkbaar luide passages gaat, hebben we binnen een interval de secondes geselecteerd waarvoor geldt dat het *maximum* van Lbu_{1s} en Lbu_{1s} ten hoogste 10 dB(A) is. Als deze secondes een gesloten interval beslaan (verschil tussen de begin- en eindtijd is precies gelijk aan het aantal geselecteerde secondes), dan zijn deze secondes gemarkeerd en is aan het interval een buitennummer toegekend. De gemarkeerde secondes zijn in de volgende stappen niet meegenomen
5. Als de secondes niet-aaneengesloten intervallen beslaan hebben we uit het interval het deelinterval geselecteerd en gemarkeerd dat het *maximum* van Lbu_{1s} bevat (en bij twee of meer gelijke maxima het eerst optredende binnen het aaneengesloten interval) en alle secondes in het interval rond het *maximum* van Lbu_{1s} met waarden vanaf dit *maximum* van Lbu_{1s} tot en met 10 dB(A) daaronder. Deze secondes zijn eveneens gemarkeerd, van een buitennummer voorzien en in de volgende stappen niet meegenomen
6. Vervolgens zijn de stappen 3, 4 en 5 herhaald, hetgeen een toename in het aantal buitennummers teweegbracht. Bij de volgende herhaling trad er geen wijziging in de buitennummers op. In totaal hebben we op deze wijze 6291 verkeerspassages op de buitenmeters gedetecteerd.

De gevolgde procedure houdt in dat vrijwel gelijktijdige verkeerspassages langs de buitenmeter met een verschil in $Lmax$ op de buitenmeter van minder dan 10 dB(A) als één passage beschouwd worden.

Ook heeft de gehanteerde methode tot gevolg dat minder luide verkeerspassages (met $Lmax$ op de buitenmeter minder dan ongeveer 25 dB(A) boven het achtergrondniveau) met deze methodiek niet opgespoord zijn.

^a Deze achtergrondniveaus liggen lager dan de waarden die op het 10%-punt uit figuur 3.3 afgeleid zouden worden. In de beschouwde periode is het stiller. De berekende half-uurs achtergrondniveaus liggen voor lokaal en railverkeer op 33 – 35 dB(A) en voor snelwegverkeer op 40 dB(A).



Figuur A3 Illustratie van de wijze van bepalen van een gemarkeerde wegverkeerspassage.

Helaas hebben we bij uitsluiting van de PIR detector (zie eventueel 2.3.2) geen externe informatiebron om vast te stellen of de 6291 als verkeerspassages aangemerkte geluidssignalen inderdaad aan het verkeer mogen worden toegeschreven. Daarom hebben we van elk van deze 6291 ‘passages’ SEL en L_{max} en het verschil tussen SEL en L_{max} bepaald. Voor het wegverkeer is $SEL - L_{max}$ gemiddeld 6,0 dB(A), voor de railverkeerspassages gemiddeld 8,5 dB(A) en voor alle passages samen gemiddeld 6,2 dB(A). Voor elke locatie hebben we vervolgens de maxima en minima van $SEL - L_{max}$ berekend. Deze maxima en minima variëren van locatie tot locatie. Daarom is het niet mogelijk om een algemeen selectiecriteria te formuleren. (De minima liggen tussen 0,8 dB(A) (Rotterdam) en 3,8 dB(A) (Leiderdorp), en de maxima tussen 7,8 dB(A) (Leiderdorp) en 16,0 dB(A) (Amsterdam)). Daarom hebben we voor elke locatie visueel nagegaan of de passages met $SEL - L_{max}$ in de buurt van de maxima en minima de vorm hadden van een geïsoleerde of overlappende verkeerspassage. Op basis daarvan vinden we het zeer waarschijnlijk dat alle ‘passages’ met hoge waarden van $SEL - L_{max}$, die veelal ook relatief hoge waarden van L_{max} hadden, aan het verkeer toe te schrijven zijn. In totaal hebben we zo’n 20 ‘passages’ geïnventariseerd met geringe waarden van $SEL - L_{max}$ waarover we twijfelen of ze toe te schrijven zijn aan de voornaamste verkeersbron. Eén van die 20 ‘passages’ is in figuur 5.4 weergegeven als een treinpassage. Dit zou ook een bromfiets geweest kunnen zijn, ware het niet dat de passage gedetecteerd is door de PIR detector. We hebben de verdachte passages niet uit het verkeerspassagebestand gehaald, vooral omdat het allemaal passages betreffen met L_{max} tenminste 65 dB(A). Zonder dat we daar voor honderd procent zeker van zijn, menen we dat ook verreweg de meeste passages met $SEL - L_{max}$ op het minimum of iets daarboven toe te schrijven zijn aan verkeersgeluid.

Op de raillocatie Amsterdam (53) is in de verdeling van achtergrondniveaus duidelijk zichtbaar dat er ook lokaal wegverkeer op de locatie aanwezig is. De buitenmeter stond echter vlak bij de spoorbaan, en was afgeschermd van het rechtstreekse geluid van de passages op de lokale verkeersweg, waardoor we er mede door de vorm van de passages redelijk zeker van zijn dat we op die locatie geen wegverkeerspassages hebben geïdentificeerd als railverkeerspassages.

A.1.3 Bepaling van effectbeoordelings-intervallen

In de voorgaande paragraaf hebben we uitgelegd hoe we de intervallen met luidere verkeerspassages op de buitenmeter hebben vastgesteld. Voor het vaststellen van acute effecten is het echter van belang om te weten wat de tijdstippen van de passages van de

slaapkamers door de voertuigen zijn. Oorspronkelijk was het plan om bij het bepalen van het tijdstip van het passeren van een voertuig van een binnenmeter ook de meetresultaten van de *buitengeplaatste binnenmeter* te betrekken. Door allereerst het verschil te bepalen tussen het tijdstip van het passeren van de buitenmeter (tijd van L_{max} op de buitenmeter) en het tijdstip van passeren van een voertuig van de buiten geplaatste binnenmeter (tijd van L_{max} op de buiten geplaatste binnenmeter) waren we van plan om de richting van een voertuig te bepalen en uit het verschil in afstanden van een binnenmeter tot de beide buiten geplaatste meters een schatting van het tijdstip van een passage op een binnenmeter. Dit bleek in de praktijk een methode die niet uitvoerbaar was, omdat veelal niet vastgesteld kon worden wat de overeenkomstige passages van een voertuig waren. De voornaamste oorzaak voor veel locaties was het grote aantal voertuigen, waardoor een koppeling van de twee passages van een specifiek voertuig niet mogelijk was. Een verder probleem waren de spreidingen in de verschillen tussen de uitkomsten van L_{max} op de buitenmeter en die op de buiten geplaatste binnenmeter. Afgezien van gemiddelde verschillen tussen locaties, die te verwachten waren gezien de niet-gestandaardiseerde wijze van plaatsing van de meters, was er op een locatie ook een aanzienlijke spreiding in de individuele waarnemingen. Ten behoeve van het vaststellen van de *bbv*'s voor de 25 slaapkamers waarin dit niet rechtstreeks mogelijk was (zie paragraaf A.1.1, stap 5), bleek al uit de visuele controle van de meetsignalen, dat het zeer moeilijk was om de passages door een specifiek voertuig van de buitenmeters te matchen met de passage door dat voertuig van een binnenmeter. Daarom hebben we moeten afzien van het voornemen om het tijdstip van het passeren door een voertuig van een slaapkamer te bepalen uit een vergelijking van de meetresultaten op de buitenmeter en de buiten geplaatste binnenmeter.

De intervallen waarin we gekeken hebben naar een acuut effect van verkeerspassages hebben we daarom op een andere wijze moeten bepalen en dat hebben we als volgt gedaan:

- Omdat motiliteit wordt gemeten in 15-s intervallen, zijn we uitgegaan van 15-s intervallen
- Van de geïsoleerde 15-s intervallen waarin een passage op de buitenmeter optrad en van de aaneengesloten reeksen van 15-s intervallen met een passage op de buitenmeter hebben we nieuwe intervallen gecreëerd door er twee 15-s intervallen aan toe te voegen: één 15-s interval vóór het (eerste) 15-s interval en één 15-s interval na het (laatste) 15-s interval. Deze twee 15-s intervallen zijn toegevoegd om te compenseren voor het feit dat een vervoermiddel eerder of later de slaapkamer passeert dan de buitenmeter^a. Deze procedure heeft als consequentie dat de nieuw gecreëerde intervallen elkaar overlappen, als er geen of één 15-s interval zat tussen de 15-s intervallen van opeenvolgende passages op de buitenmeter. Als er twee of meer 15-s intervallen tussen de opeenvolgende passages op de buitenmeter zaten, beschouwen we het verkregen interval, bestaande uit tenminste drie 15-s intervallen, als een effectbeoordelings-interval. Als twee nieuw gecreëerde intervallen elkaar overlappen, zijn deze twee intervallen samengenomen en beschouwen we het samengevoegde interval als één effectbeoordelings-interval

^a Uit de maximale afstand van de verst van de buitenmeter liggende slaapkamer en de (maximale) snelheid van de voertuigen hebben we voor alle locaties berekend dat het verschil tussen het tijdstip van passeren van de buitenmeter en van de binnenmeter maximaal ongeveer 15 s is (op locatie 42, maximale afstand 350 m., snelheid 120 km/uur = 2000/60 m/s; de afstand wordt in $350 \cdot 60 / 2000 = 10,5$ s afgelegd. Wordt niet de maximale snelheid gereden, maar bijvoorbeeld maar 90 km/uur, dan wordt de afstand in 14 s afgelegd. Voor andere locaties gelden lagere snelheden, maar de slaapkamers liggen daar dichterbij.

- Aan elk effectbeoordelings-interval hebben we momentane geluidsparementers toegevoegd. Bij samengenomen intervallen hebben we de hoogste waarden van deze parementers gekozen.

In tabel A2 zijn per locatie-interval van zes nachten de aantallen verkeerspassages en de aantallen effectbeoordelings-intervallen gegeven.

Tabel A2 Aantal verkeerspassages en effectbeoordelings-intervallen op de diverse locaties, gesplitst naar meetinterval.

locatie-interval	type geluidbron	aantal passages buiten	aantal effectbeoordelings-intervallen
401	provinciale weg 80 km/uur	917	578
402	provinciale weg, 80 km/uur	930	566
411	provinciale weg 80 km/uur	340	249
412	provinciale weg, 80 km/uur	307	235
421	snelweg, 120 km/uur	6	6
422	snelweg, 120 km/uur	27	22
431	snelweg, 100 km/uur	121	95
432	snelweg, 100 km/uur	284	200
441	uitvalsweg, 50 km/uur	741	526
442	uitvalsweg, 50 km/uur	348	265
451	provinciale weg 80 km/uur	391	230
452	provinciale weg 80 km/uur	566	401
454	provinciale weg 80 km/uur	657	463
461	snelweg, 100 km/uur	0	0
462	snelweg, 100 km/uur	4	4
471	uitvalsweg, 50 km/uur	75	70
501	spoorweg	84	84
511	spoorweg	99	93
521	spoorweg	112	100
531	spoorweg	282	254
totaal		6291	4441

Hoewel er over de geselecteerde snelwegen (42, 43, en 46) zeer veel verkeer komt, is het aantal gedetecteerde verkeerspassages die voldoende boven het (door het verkeer zelf zeer beïnvloede) achtergrondniveau liggen en een hoogte van tenminste 10 dB(A) hebben gering, getuige de aantallen in de tabel. De gegevens in de tabel hebben voor elk locatie-interval betrekking op 1440 minuten (6 nachten, 4 uur, dat wil zeggen per nacht 240 minuten). Delen we het totaal aantal passages uit de tabel door 1440, dan komt er op de locatie met de meeste passages (locatie 40) gemiddeld eens per 0,64 minuten (38 s) een gedetecteerd vervoermiddel langs de buitenmeter.

Consequentie van de gehanteerde methodiek:

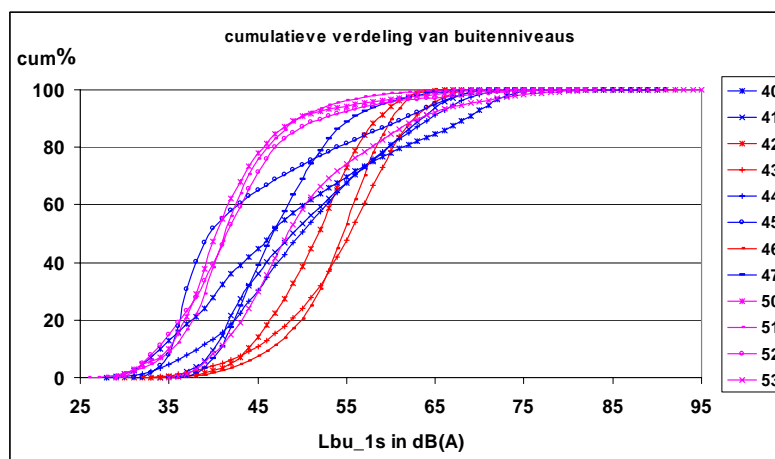
Omdat een voertuig of van de ene kant of van de andere kant de slaapkamer nadert, komt er in elk effectbeoordelings-interval tenminste één 15-s interval voor waarin geen passage van de binnenmeter plaatsvindt die op de buitenmeter als passage geïdentificeerd is. We zoeken dus, omdat we de passages binnen niet goed kunnen identificeren, over teveel 15-s intervallen naar een effect. Dit betrekken van teveel 15-s intervallen in de analyses verlaagt de kans om statistisch significante effecten in een 15-s interval vast te stellen.

In het geval van vliegtuiggeluid bleek dat de verhoogde kans op door vliegtuiggeluid veroorzaakte acute motiliteit niet alleen voorkwam in het 15-s interval waarin het maximum geluidniveau op de binnenmeter optrad, maar ook in ervoor en erna gelegen 15-s intervallen (bij zeer luide overvluchten gedurende 7 15-s intervallen). Doordat we de effectbeoordelings-intervallen twee 15-s intervallen ruimer hebben gekozen dan de intervallen tijdens een verkeerspassage, vergroot dit de kans dat ook effecten meegenomen worden die vóór en na het luidste 15-s interval optreden.

De effectbeoordelings-intervallen in tabel A1 zijn nog niet gekoppeld aan het aantal deelnemers met hun slaaptijd tijdens deze intervallen. Gemiddeld valt 90% van de effectbeoordelings-intervallen samen met de slaaptijd van de deelnemer. Voor de deelnemers op de lokale/provinciale wegen is dit 91%, voor de deelnemers in de buurt van de snelwegen 96% en voor de deelnemers op de raillocaties 79%. Het totaal aantal *effectbeoordelings-intervallen binnen* is gelijk aan het aantal deelnemers dat tijdens een locatie-interval heeft deelgenomen maal het aantal effectbeoordelings-intervallen maal het deel van de effectbeoordelings-intervallen dat samenvalt met de slaaptijd van de deelnemers. Voor locatie-interval 471 is dit bijvoorbeeld $11 \cdot 70 \cdot 0,91 = 700$ effectbeoordelings-intervallen binnen. Het totaal aantal effectbeoordelings-intervallen binnen is gelijk aan 48475.

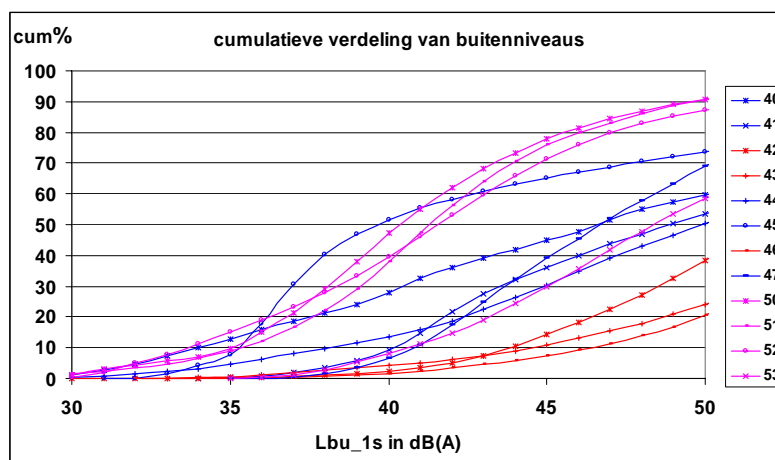
A.1.4 *Verdeling van geluidniveaus op de buitenmeter*

In de vorige paragrafen hebben we de aandacht vooral gericht op de luidere verkeerspassages. Om meer inzicht te krijgen in de geluidssituatie 's nachts van de deelnemers hebben we ook de verdelingen van *Lbu_1s* bepaald. Daarbij hebben we alle gemeten waarden op een locatie tussen 23 uur 's avonds en 7 uur 's morgens samengenomen, en niet gespecificeerd naar locatie-interval en nacht. De cumulatieve verdeling van *Lbu_1s* is per locatie gegeven in figuur A4. De laagste gemeten waarde van *Lbu_1s* is 26 dB(A), de hoogste 95 dB(A).



Figuur A4 De gehele cumulatieve verdeling van Lbu_{1s} per locatie. De verdelingen van het overeenkomstige brontype zijn met dezelfde kleur in de figuur opgenomen: blauw betreft lokaal/provinciaal wegverkeer, oranje snelwegverkeer, roze railverkeer. De waarnemingen liggen tussen 26 en 95 dB(A).

De brontypen blijken volgens figuur A4 elk een eigen vorm te hebben. Op de drie snelwegverkeerslocaties is het percentage lage Lbu_{1s} waarden zeer gering, op de railverkeerslocaties is het percentage lage geluidniveaus veel groter en op de lokale en provinciale wegverkeerslocaties liggen de percentages daartussenin. Dat is beter te zien in figuur A5, waar een gedeelte van de cumulatieve verdelingen gegeven is.



Figuur A5 Cumulatieve verdeling van Lbu_{1s} per locatie, voor Lbu_{1s} van ten hoogste 50 dB(A). De verdelingen van het overeenkomstige brontype zijn met dezelfde kleur in de figuur opgenomen: blauw betreft lokaal/provinciaal wegverkeer, rood snelwegverkeer, roze railverkeer.

Opvallend in figuren A4 en A5 is de cumulatieve verdeling voor locatie 53 ten opzichte van de andere drie verdelingen voor railverkeerslocaties. Locatie 53 was gesitueerd in de nabijheid van een drukke lokale weg. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk de hogere achtergrondniveaus veroorzaakt. Het tweede dat opvalt is het hoge percentage lage Lbu_{1s} waarden op locatie 45. Dit is kennelijk 's nachts de rustigste locatie, afgezien van het over de weg rijdende (vracht)verkeer.

In tabel A3 zijn per locatie de percentages Lbu_{1s} waarden gegeven die respectievelijk 40, 45 en 50 dB(A) niet overschrijden. In tabel A4 zijn per locatie de geluidniveaus gegeven die door 90, 60, en 50% van de Lbu_{1s} waarden worden overschreden.

Tabel A3 Overschrijding van waarden van Lbu-1s van drie geluidniveaus (40, 45, en 50 dB(A)) per locatie.

type bron	locatie	percentage Lbu-1s waarden die onderstaand geluidniveau niet overschrijden		
		40 dB(A)	45 dB(A)	50 dB(A)
		<i>p40db</i>	<i>p45db</i>	<i>p50db</i>
lok/prov weg	40	27,8	44,8	59,6
lok/prov weg	41	9,4	36,2	53,5
snelweg	42	2,3	14,2	38,6
snelweg	43	4,2	10,9	24,2
lok/prov weg	44	13,4	30,4	50,4
lok/prov weg	45	51,7	65,0	73,8
snelweg	46	1,6	7,5	20,5
lok/prov weg	47	6,6	39,0	69,0
rail	50	47,1	77,8	90,7
rail	51	38,0	75,9	90,7
rail	52	39,5	71,2	87,2
rail	53	8,1	29,9	58,5

Tabel A4 Geluidniveaus die door 90, 60 en 50% van de waarden van Lbu-1s worden overschreden.

type bron	locatie	achtergrondniveaus (waarden die door een bepaald percentage van Lbu-1s waarden worden overschreden)		
		<i>L90</i> in dB(A)	<i>L60</i> in dB(A)	<i>L50</i> in dB(A)
		lok/prov weg	40	34,0
lok/prov weg	41	40,0	46,0	49,0
snelweg	42	44,0	50,2	51,8
snelweg	43	44,5	53,6	55,3
lok/prov weg	44	38,1	47,3	49,9
lok/prov weg	45	35,2	38,0	39,4
snelweg	46	46,3	53,3	54,7
lok/prov weg	47	40,7	45,1	46,8
rail	50	35,0	39,2	40,3
rail	51	35,3	40,2	41,3
rail	52	33,6	40,1	41,6
rail	53	40,7	46,7	48,4

B Momentane variabelen

B.1 Expositie-effect relaties en factoren die daarop van invloed zijn

B.1.1 Effectvariabelen

We hebben drie soorten momentane effectvariabelen onderzocht:

- Motiliteit in 15-s intervallen: kans op $m = 1$, kans op $k = 1$
- Parameters van de hartslag in 15-s intervallen: gemiddelde en maximum hartslagfrequentie, gemiddelde en minimum IBI, gemiddelde en minimum variabiliteit in IBI (btb)
- Zelf-geregistreerd ontwaken in 15-s intervallen: kans op $mark = 1$.

B.1.2 Geluidsexpositiematen

In het analyseplan hebben we voorgesteld om de volgende geluidsexpositiematen als onafhankelijke variabele of als additionele variabele te hanteren:

A. Maten die afgeleid kunnen worden uit de gegevens op de buitenmeter:

L_{max_bu}: maximum geluidniveau op de buitenmeter tijdens een verkeerspassage

SEL_{bu}: op één seconde genormeerd equivalent geluidniveau op de buitenmeter van een verkeerspassage^a

stijgduur_{bu}: de periode (in s) waarover het geluidniveau van een verkeerspassage toeneemt van *L_{max_bu} - 10* tot *L_{max_bu}*

duur_{bu}: de aaneengesloten periode (in s) rond *L_{max_bu}* waarin het geluidniveau tenminste *L_{max_bu} - 10* is

piek_{bu}: uit meting verkregen verschil tussen *L_{max_bu}* tijdens een verkeerspassage en het achtergrondniveau *L90^b* gedurende een periode van vijf minuten waarin de verkeerspassage optreedt.

B. Maten die afgeleid kunnen worden uit de gegevens op de binnenmeter:

L_{max_i}: uit meting verkregen maximum geluidniveau in de slaapkamer van een verkeerspassage

SEL_i: uit meting verkregen op één seconde genormeerd equivalent geluidniveau in de slaapkamer van een verkeerspassage^c

piek_i: uit meting verkregen verschil tussen maximum geluidniveau in de slaapkamer tijdens een verkeerspassage en het achtergrondniveau *L90^d* gedurende een periode van vijf minuten waarin de verkeerspassage optreedt.

C. Maten die afgeleid kunnen worden uit de buitenmaten en het buitenbinnenverschil (*bbv*):

L_{max_bbv}: het uit *L_{max_bu}* tijdens een verkeerspassage afgeleide maximum geluidniveau in de slaapkamer door *bbv* van het buiten gemeten maximum af te trekken ($L_{max_bbv} = L_{max_bu} - bbv$)

^a *SEL_{bu}* is het op de buitenmeter bepaalde, op één seconde genormeerde equivalente geluidniveau over de tijd dat het geluidniveau van een verkeerspassage ligt tussen de waarden *L_{max_bu}* en *L_{max_bu} - 10* dB(A).

^b *L90* is het geluidniveau dat door 90% van *L_{bu_1s}* geluidniveaus gedurende vijf minuten (300 waarnemingen) juist wordt overschreden.

^c Voor *SEL_i* geldt een definitie analoog aan die gegeven voor *SEL_{bu}*.

^d *L90* is het geluidniveau dat door 90% van *L_{bi_1s}* gedurende vijf minuten (300 waarnemingen) juist wordt overschreden.

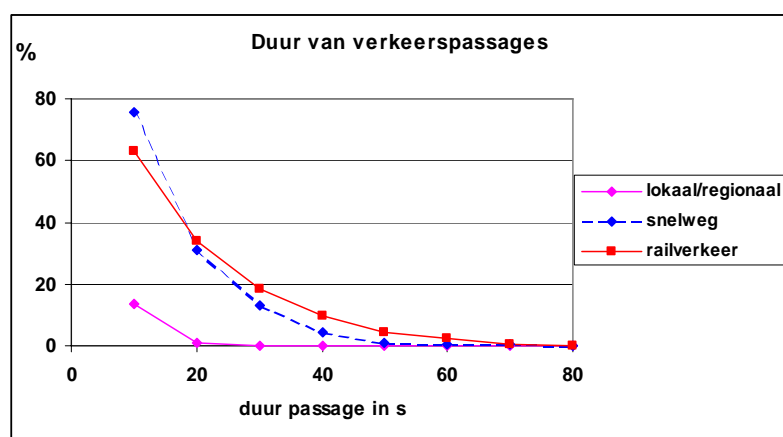
SEL_bbv: het uit *SEL_bu* tijdens een verkeerspassage afgeleide op één seconde genormeerd equivalent geluidniveau in de slaapkamer door *bbv* van *SEL_bu* af te trekken ($SEL_{bbv} = SEL_{bu} - bbv$).

Alle geluidmaten zijn in dB(A).

Afgezien van de in het analyseplan genoemde geluidmaten hebben we ook *p40db* als additionele geluidmaat onderzocht.

Met betrekking tot de maten die afgeleid kunnen worden uit de gegevens op de buitenmeter

Lmax_bu, *SEL_bu*, en *piek_bu* hebben we als onafhankelijke variabelen in de regressieanalyses ingevoerd. *Duur_bu* en *stijgduur_bu* zouden we in principe als additionele variabelen in de regressieanalyses met *Lmax_bu*, *SEL_bu*, en *piek_bu* als onafhankelijke variabelen willen toevoegen. Met betrekking tot deze variabelen de volgende informatie. Aan elke deelnemer hebben we gedurende diens slaaptijd binnen de stillere periodes van de nacht de passages op de buitenmeter toegekend^a. Vervolgens hebben we per type geluidbron (lokaal/provinciaal wegverkeer, snelwegverkeer, railverkeer) de verdeling van de duur en de stijgduur van deze passages bepaald. In figuur B1 is per brontype in stappen van 10 s de overschrijdingskans van de duur van de verkeerspassages gegeven. De gegevens zijn ook opgenomen in tabel B1. Er is een duidelijk verschil in de verdelingen van de duur van de passages. Bij lokaal/provinciaal verkeer gaat het in 86% van de gevallen om passages korter dan 10 s, en bij snelwegverkeer en railverkeer om respectievelijk 24 en 37% van de gevallen. In 1% van de gevallen zijn de passages van lokaal/provinciaal verkeer tenminste 20 s, terwijl dit voor snelwegverkeer en railverkeer om respectievelijk 31 en 34% van de gevallen gaat. Bij railverkeer betreft dat veelal geïsoleerde treinpassages, en bij snelwegverkeer gaat het ons inziens uitsluitend om gecombineerde verkeerspassages van diverse gelijktijdig de buitenmeter passerende voertuigen. De passages op de lokale en provinciale wegen en snelwegen zijn dus veel korter op een relatief hoog niveau (binnen de twee -10 dB(A)-punten) dan soms in het geval van railverkeer. Gezien de geringe spreiding in de duur van het overgrote deel van de passages is het ons inziens niet te verwachten dat deze variabele een additionele variabele is in een eventuele relatie tussen een effectvariabele en een buiten bepaalde geluidsexpositiemaat. Hier komen we in deze bijlage op terug.



Figuur B1 Procentuele verdeling van de duur van de passages per type verkeersbron.

^a Dat impliceert dat een passage op de buitenmeter van locatie-interval 401 met 15 slapende deelnemers op het tijdstip van de passage 15 maal in het bestand voorkomt en een passage op de buitenmeter van locatie-interval 471 met 7 slapende deelnemers 7 maal in het bestand is opgenomen.

In tabel B2 is per brontype de overschrijdingskans van de stijgduur van de passages gegeven. Ook hiervoor geldt ons inziens dat de spreiding in de stijgduur te gering is om te verwachten dat deze variabele een additionele variabele is in een eventuele relatie tussen een effectvariabele en een buiten bepaalde geluidsexpositiemaat. Hierop komen we ook terug in deze bijlage.

Tabel B1 Gegevens over de verdeling van de duur van de verkeerspassages buiten vermenigvuldigd met het aantal deelnemers, waarvan de slaaptijd de passage bevat, gesplitst naar brontype.

type verkeer	aantal passages	percentage van 'de passages buiten vermenigvuldigd met het aantal deelnemers, waarvan de slaaptijd de passage bevat' met een duur in secondes van								
		minder dan 10	tenminste							
			10	20	30	40	50	60	70	80
lokaal/regionaal	37455	86,3	13,7	1,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
snelweg	5610	24,4	75,6	30,8	13,3	4,5	1,1	0,4	0,4	0,2
railverkeer	5410	37	63	34	18,4	9,7	4,4	2,4	0,6	0,0

Tabel B2 Gegevens over de verdeling van de stijgduur van de verkeerspassages buiten vermenigvuldigd met het aantal deelnemers, waarvan de slaaptijd de passage bevat, gesplitst naar brontype.

type verkeer	aantal passages	percentage van 'de passages buiten vermenigvuldigd met het aantal deelnemers, waarvan de slaaptijd de passage bevat' met een stijgduur in secondes van						
		minder dan 5	tenminste					
			5	10	20	30	40	50
lokaal/regionaal	37455	88,1	11,9	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0
snelweg	5610	30,4	69,6	30,9	6,4	1,8	0,4	0,0
railverkeer	5410	58	42,0	18,4	5,6	2,1	0,9	0,0

Met betrekking tot de maten die afgeleid kunnen worden uit de gegevens op de binnenmeter

De bepaling van het maximum geluidniveau in een slaapkamer tijdens een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval levert geen probleem op en is voor elk 15s-interval mogelijk. Het maximum geluidniveau in een slaapkamer wordt echter sterk bepaald door kortdurende geluiden (akoestische verontreiniging) in de slaapkamer en het gemeten maximum zal dus pas bij hogere waarden mede bepaald zijn door verkeerspassages. Dat impliceert dat L_{max_i} alleen voor de luidste verkeerspassages betrouwbaar gemeten kan worden. Daarom hebben we afgezien van het bepalen van en analyseren met L_{max_i} . De bepaling van SEL_i van een verkeerspassage levert over het algemeen nog meer problemen op dan de bepaling van L_{max_i} van een verkeerspassage, omdat ten eerste L_{max_i} van zo'n passage bekend moet zijn en ten tweede omdat het verschil tussen L_{max_i} en het achtergrondniveau in de slaapkamer vaak niet groter is dan 10 dB(A), waardoor de tijdstippen waartussen SEL_i berekend zou moeten worden niet zinvol bepaald kunnen worden. Dit levert bij minder luide passages door het achtergrondniveau verhoogde waarden van SEL_i op.

Daarom hebben we de maat SEL_{bin} geïntroduceerd. Om SEL_{bin} te bepalen, hebben we eerst uit alle waarden van Lbi_{1s} tijdens een effectbeoordelings-interval SEL_{totaal} berekend, en vervolgens de *gemiddelde SEL* (aangegeven met SEL_{bin}) per 15-s interval die te samen SEL_{totaal} over het effectbeoordelings-interval geven^a. Bijvoorbeeld, een passage heeft een effectbeoordelings-interval van 75 s (vijf 15-s intervallen). De SEL_{totaal} over die 75 s is 80 dB(A). SEL_{bin} van elk van de 5 15-s intervallen is $80 - 10 \cdot \log 5 = 80 - 7 = 73$ dB(A).

Conclusie

Uiteindelijk gebruiken we op basis van de binnenmetingen alleen SEL_{bin} als momentane geluidsexpositiemaat om de geluidsbelasting tijdens de 15-s intervallen van een effectbeoordelings-interval mee te karakteriseren.

Maten die gelijk zijn aan buitenmaten verminderd met het buitenbinnenverschil

Zowel $Lmax_{bbv}$ als SEL_{bbv} zijn met behulp van $Lmax_{bu}$, SEL_{bu} , en bbv bepaald en in analyses gebruikt.

Conclusie

De volgende twee maten die zijn bepaald op basis van buitenmetingen en bbv gebruiken we om de geluidsbelasting tijdens de 15-s intervallen van een effectbeoordelings-interval mee te karakteriseren:

$Lmax_{bbv}$: maximum geluidniveau op de buitenmeter tijdens een verkeerspassage ($Lmax_{bu}$) verminderd met bbv ($Lmax_{bbv} = Lmax_{bu} - bbv$)

SEL_{bbv} : SEL bepaald uit de geluidniveaus op de buitenmeter van een verkeerspassage (SEL_{bu}) verminderd met bbv ($SEL_{bbv} = SEL_{bu} - bbv$).

Deze geluidmaten zijn in dB(A).

B.1.3 Motiliteit

Lmax_bu, SEL_bu, en piek_bu als onafhankelijke variabelen

We hebben logistische multilevel-regressieanalyses uitgevoerd met kans op motiliteit, en kans op begin van motiliteit als afhankelijke variabelen en $Lmax_{bu}$, SEL_{bu} , en $piek_{bu}$ als onafhankelijke variabelen (met eventueel geslacht als additionele variabele). Geen van de modellen leverde statistisch significante coëfficiënten van de geluidsexpositiematen op. We hebben afgezien van het invoeren van *stijgduur* en van *duur* van een passage als eventuele additionele variabelen.

Lmax_bbv, SEL_bbv, en SEL_bin als onafhankelijke variabelen

In hoofdstuk 5 van de hoofdtekst hebben we de statistisch significante relaties gepresenteerd. We hebben de volgende significante relaties gevonden van:

- kans op m en kans op k in een 15-s interval als functie van $Lmax_{bbv}$
- kans op m en kans op k in een 15-s interval als functie van SEL_{bbv}
- kans op m en kans op k in een 15-s interval als functie van SEL_{bin} .

^a SEL_{totaal} is het op de binnenmeter bepaalde, op één seconde genormeerde equivalente geluidniveau over het effectbeoordelings-interval (in formule: $SEL_{totaal} = 10 \cdot \lg \left[\int (10^{L(t)/10}) dt \right]$) met een integratie over de gehele effectbeoordelings-interval. Als het effectbeoordelings-interval p 15-s intervallen is, geldt de volgende formule: $SEL_{bin} = SEL_{totaal} - 10 \cdot \log p$.

We hebben voor de relaties tussen de geluidsvariabelen (L_{max_bbv} , SEL_{bbv} , SEL_{bin}) en de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit nagegaan of er additionele variabelen zijn in de logistische multilevel-regressiemodellen. Van alle onderzochte additionele variabelen bleek $p40db$ een additionele variabele in alle relaties te zijn, en geslacht ook voor begin van motiliteit. In deze bijlage gaan we na wat de invloed van geslacht is op de expositie-effectrelaties met kans op $k=1$ als afhankelijke variabele.

De coëfficiënten van de logit^a van kans op $m=1$ en van kans op $k=1$ uit de regressievergelijkingen zijn in tabel B3 gegeven. Daarbij is geslacht niet als additionele variabele opgenomen.

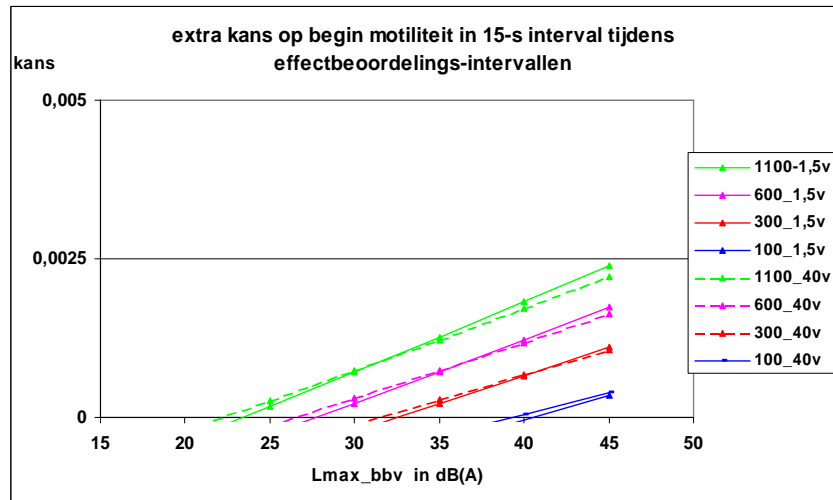
Tabel B3 Coëfficiënten van de logistische regressievergelijkingen van de logit van kans op motiliteit ($m = 1$) en die van kans op begin van motiliteit ($k = 1$) in een 15-s interval.

coëfficiënt voor motiliteit	in ebi			buiten ebi
geluidsvariabele	L_{max_bbv}	SEL_{bbv}	SEL_{bin}	
constante	-4,134	-4,245	-4,480	-3,812
log x	0,425	0,432	0,445	0,342
geluidsvariabele	0,00393	0,00544	0,00923	
$p40dB$	-0,0058	-0,0059	-0,0062	-0,0058
coëfficiënt bij begin motiliteit	in ebi			buiten ebi
geluidsvariabele	L_{max_bbv}	SEL_{bbv}	SEL_{bin}	
constante	-4,745	-4,844	-4,961	-4,485
log x	0,403	0,408	0,414	0,344
geluidsvariabele	0,00355	0,00490	0,006625	
geslacht (man=1)	0,162	0,162	0,155	0,130
$p40dB$	-0,0036	-0,0036	-0,0036	-0,0037

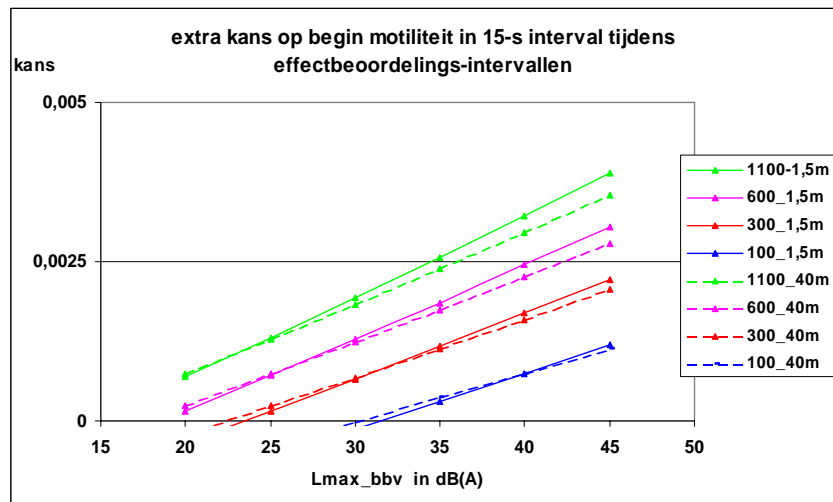
Geslacht als additionele variabele voor modellen met kans op begin van motiliteit als afhankelijke variabele

In de figuren B2 tot en met B7 is de extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval van een effectbeoordelings-interval gegeven voor vrouwen en mannen in een aparte figuur, voor elk van de drie geluidsbelastingsvariabelen, en voor $p40db$ gelijk aan 1,5 (representatief voor snelwegverkeer) en 40 (representatief voor railverkeer).

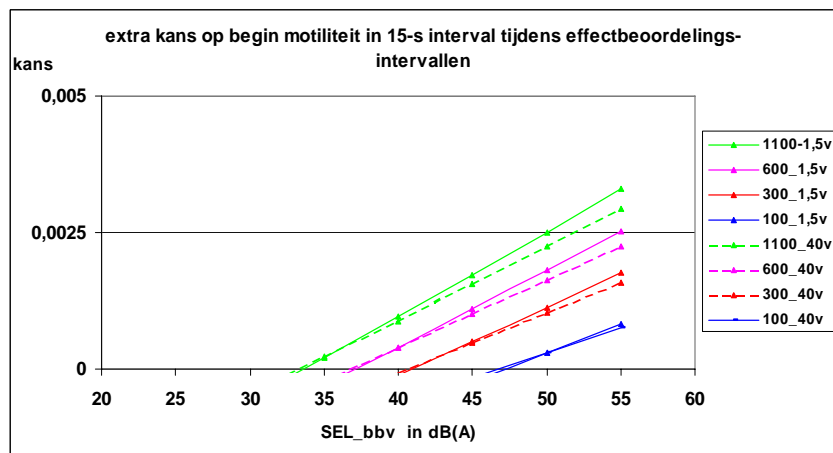
^a Voor de definitie van de logit van een binaire variabele, zie voetnoot bij paragraaf 3.4.1.



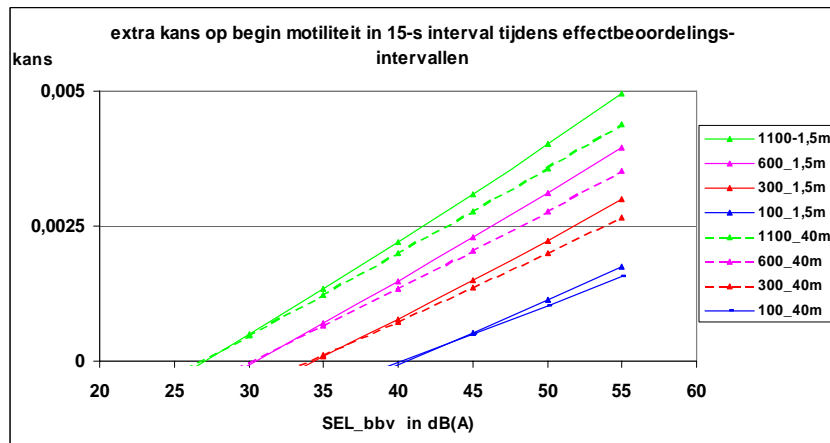
Figuur B2 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **vrouwen** als functie van Lmax_bbv voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.



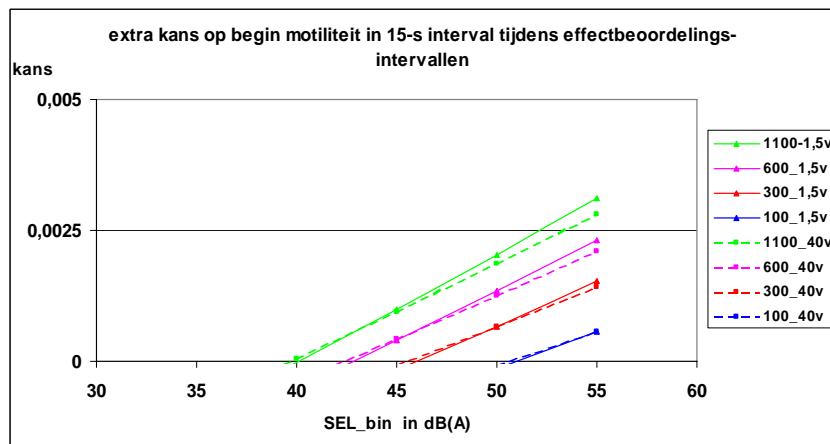
Figuur B3 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **mannen** als functie van Lmax_bbv voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.



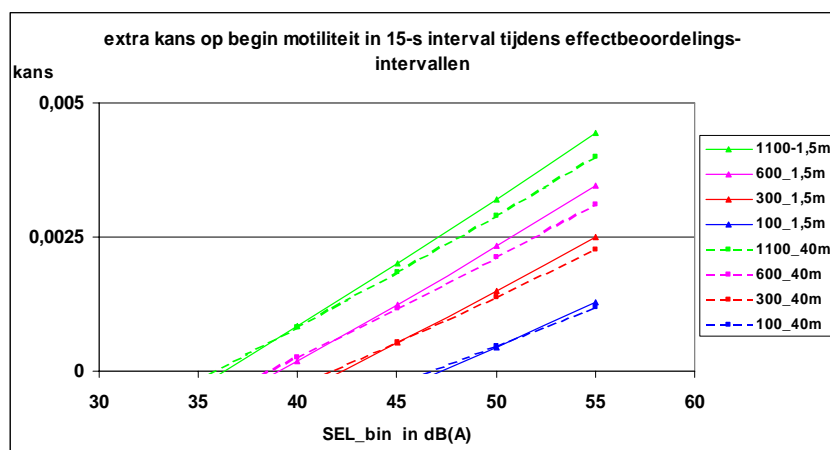
Figuur B4 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **vrouwen** als functie van SEL_bbv voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.



Figuur B5 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **mannen** als functie van SEL_bbv voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.



Figuur B6 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **vrouwen** als functie van SEL_bin voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.



Figuur B7 Extra kans op begin van motiliteit in een 15-s interval voor **mannen** als functie van SEL_bin voor p40db gelijk aan 1,5 en aan 40 voor vier tijdstippen na inslapen.

Uit de figuren B2 tot en met B7 blijkt duidelijk dat de extra kans op begin van motiliteit bij mannen groter is dan bij vrouwen. Deze verschillen in extra kans zijn

gering als het totaal gemiddelde van de kans op begin van motiliteit in de vergelijking betrokken wordt. Dat hebben we gedaan door uit de modellen het verschil te berekenen tussen extra kans bij mannen en bij vrouwen op $k=1$ over het bereik van een geluidsbelastingsmaat per 5 dB(A) en voor $p40db$ gelijk aan 1,5 en 40 (alle cellen die in de figuren zijn aangegeven plus de cellen waar de extra kans gelijk is aan 0: voor L_{max_bbv} dus over 12 waarden, bij 20, 25, 30, 35, 40 en 45 dB(A) voor twee waarden van $p40db$). De gemiddelde kans op begin van motiliteit in de effectbeoordelingsintervallen is op dezelfde manier berekend voor dezelfde cellen. Het resultaat is in tabel B4 gegeven, evenals de fractie van het verschil ten opzichte van het gemiddelde. Het verschil in extra kans op $k=1$ tussen mannen en vrouwen is in de orde van 3% van de kans op motiliteit. In de hoofdtekst is het verschil in extra kans tussen mannen en vrouwen op $k=1$ door verkeersgeluid niet in de figuren verwerkt, en zijn de coëfficiënten uit tabel B3 gebruikt.

Tabel B4 Verschil tussen extra kans op begin van motiliteit tussen mannen en vrouwen, gemiddelde kans op begin van motiliteit in effectbeoordelingsintervallen en quotiënt van beide getallen (in procenten).

geluidsbelastings -maat	verschil tussen mannen en vrouwen in extra kans op $k=1$	gemiddelde kans op $k=1$	quotiënt van verschil en gemiddelde (in procenten)
L_{max_bbv}	0,000861	0,0267	3,2%
SEL_bbv	0,000923	0,0273	3,4%
SEL_bin	0,000788	0,0280	2,8%

Motiliteit en begin van motiliteit door verkeerspassages

In het voorgaande is de extra kans op (begin van) motiliteit in een 15-s interval tijdens een effectbeoordelings-interval gegeven. Om de totale extra kans op (begin van) motiliteit door een verkeerspassage te berekenen, moet met het aantal 15-s intervallen in een effectbeoordelings-interval rekening gehouden worden. In tabel B5 is de verdeling gegeven van het aantal 15-s intervallen in de effectbeoordelingsintervallen. Beschouwen we alle effectbeoordelingsintervallen, dan heeft 72% 3 of 4 15-s intervallen, dat wil zeggen deze intervallen zijn 45 of 60 seconden. Er zijn bij de drie onderscheiden typen verkeersbronnen ook effectbeoordelingsintervallen met veel 15-s intervallen. Bij het wegverkeer betreffen dat meer passages die niet onderscheiden worden, omdat de verschillen tussen maximum geluidniveau en tussentijdse minimum geluidniveaus kleiner zijn dan 10 dB(A). Bij railverkeerspassages gaat het vrijwel steeds om langdurige geïsoleerde passages. Ruim 2,5% van de railverkeerspassages hebben effectbeoordelingsintervallen die tenminste 2 minuten zijn.

Het gemiddeld aantal 15-s intervallen per effectbeoordelings-interval is 4,41. Er is niet veel verschil in het gemiddeld aantal tussen de brontypen.

Tabel B5 Verdeling van het aantal 15-s intervallen in de effectbeoordelings-intervallen *buiten* per type geluidbron.

aantal 15-s intervallen	verdeling per geluidsbron			verdeling
	provinciaal/ lokaal verkeer	snelwegverkeer	railverkeer	totaal
3	1392	62	121	1575
4	1261	130	222	1613
5	313	48	100	461
6	250	27	51	328
7	144	23	23	190
8	78	14	5	97
9	50	6	4	60
10	31	5	4	40
11	15	4	0	19
12	12	2	1	15
13	12	2	0	14
14	6	2	0	8
15	5	0	0	5
16	6	0	0	6
17	2	1	0	3
18	2	0	0	2
19	0	1	0	1
22	1	0	0	1
27	1	0	0	1
29	1	0	0	1
31	1	0	0	1
totaal	3583	327	531	4441
gemiddeld aantal	4,35	5,02	4,42	4,41

De extra kans op motiliteit en begin van motiliteit is berekend uit het verschil in kans op (begin van) motiliteit van een 15-s interval tijdens een effectbeoordelings-interval en die kans op hetzelfde tijdstip in een 15-s interval buiten een effectbeoordelings-interval. Om de extra kans op motiliteit en begin van motiliteit door een *verkeerspassage* te berekenen hebben we eerst onderzocht of $k=1$ en of $m=1$ geclusterd voorkomen. Clustering van $k=1$ komt vrijwel niet voor. Van de 48475 effectbeoordelings-intervallen *binnen* zijn er 399 (0,9%) intervallen waarin $k=1$ twee maal of meer voorkomt. Deze zeldzame clustering van $k=1$ verwaarlozen we. Dan hangt de kans op begin van motiliteit tijdens een verkeerspassage ($pk_verkeerspassage$) met een effectbeoordelings-interval van gemiddelde duur (4,41 15-s intervallen) op tijdstip t als volgt met de kans op begin van motiliteit tijdens een 15-s interval (pk_{15s}) samen:

$$p1(k_ebi(t)) = p1(k_verkeerspassage (in ebi, t)) = 1 - (1-pk_15s(in ebi))^{**4,41}.$$

Voor de kans op $k=1$ buiten de effectbeoordelings-intervallen over dezelfde duur als het gemiddelde effectbeoordelings-interval geldt de volgende formule:

$$p2(k_niet ebi(t)) = p2(k_verkeerspassage (niet in ebi, t)) = 1 - (1-pk_15s(niet in ebi))^{**4,41}.$$

Voor de extra kans op motiliteit door een verkeerspassage op tijdstip t moet $p2$ van $p1$ afgetrokken worden:

$$\text{extra kans op begin van motiliteit door een verkeerspassage}(t) = p1(k_ebi(t)) - p2(k_niet ebi(t)).$$

De kans op $m=1$ komt wel geclusterd voor. In figuur B8 is dat gedemonstreerd. In 58% van de gevallen met $m=1$ komt $m=1$ geïsoleerd voor. In 30% van de gevallen komt $m=1$ twee maal na elkaar voor en in 12% van de gevallen is het cluster met $m=1$ tenminste 3 15-s intervallen lang. De gemiddelde duur van $m=1$ is 1,8 15-s intervallen. We zijn in de berekeningen van een gemiddelde van 2 uitgegaan. Dan gelden voor motiliteit de formules^a:

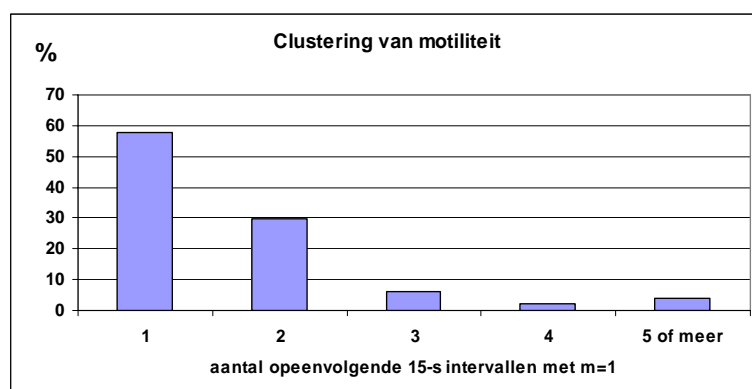
$$p1(m_ebi(t)) = p1(m_verkeerspassage (in ebi, t)) = 1 - (1-pm_30s(in ebi))^{**2,205}.$$

Voor de kans op $m=1$ gedurende een zelfde duur buiten de effectbeoordelings-intervallen geldt de volgende formule:

$$p2(m_niet ebi(t)) = p2(m_verkeerspassage (niet in ebi, t)) = 1 - (1-pm_30s(niet in ebi))^{**2,205}.$$

Voor de extra kans op motiliteit door een verkeerspassage op tijdstip t moet $p2$ van $p1$ afgetrokken worden:

$$\text{extra kans op motiliteit door een verkeerspassage}(t) = p1(m_ebi(t)) - p2(m_niet ebi(t)).$$



Figuur B8 Clustering van motiliteit.

In de hoofdtekst is het resultaat van de berekeningen gegeven.

Betrouwbaarheidsintervallen van extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit door verkeerspassages

We hebben 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend van de relaties van $Lmax_bbv$ en SEL_bbv met de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit door verkeerspassages. We zijn om de deze betrouwbaarheidsintervallen te bepalen uitgegaan van de 95% betrouwbaarheidsintervallen van de kans op motiliteit en op

^a De kans op motiliteit in een 30s-interval hebben we berekend ten behoeve van de vergelijking van het huidige onderzoek met het Duitse onderzoek. De verhouding tussen kans op motiliteit in een 30s-interval en de kans op motiliteit in een 15-s interval is 1,97. Met die factor hebben we de kans in de formules berekend.

begin van motiliteit in *15-s intervallen* tijdens effectbeoordelings-intervallen en van de 95% betrouwbaarheidsintervallen van de kans op motiliteit en op begin van motiliteit in *15-s intervallen* buiten de effectbeoordelings-intervallen. We hebben die 95% betrouwbaarheidsintervallen berekend voor vier tijdstippen na inslapen: voor $x = 100$, $x = 300$, $x=600$, en $x = 1100$. We geven in dit rapport de resultaten voor $x = 600$ en $x = 1100$. De gehanteerde methode is beschreven in het artikel van Miedema en collega^{66,67}. Allereerst zijn als functie van één van de twee geluidsvariabelen en één van de twee afhankelijke variabelen voor een bepaalde x de logits bepaald van de bovengrens (U_x), de functie (F_x) en de ondergrens (L_x) van het 95% betrouwbaarheidsinterval. Uit die logits zijn kansen voor 15-s intervallen berekend in stappen van 5 dB(A) over het bereik van L_{max_bbv} of SEL_bbv . De kansen voor de duur van verkeerspassages zijn berekend uit de kansen voor een 15-s interval met de hiervoor gegeven formules. Onder de aanname dat de kans op motiliteit en begin van motiliteit tijdens effectbeoordelings-intervallen en buiten effectbeoordelings-intervallen bij een bepaalde x onafhankelijk van elkaar zijn, zijn de bovengrens (U_x), de functie (F_x) en de ondergrens (L_x) van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de extra kans op motiliteit en op begin van motiliteit berekend in stappen van 5 dB(A) over het bereik van L_{max_bbv} of SEL_bbv^a . Door de aldus verkregen waarden in stappen van 5 dB(A) is met behulp van een regressie-analyse de bestpassende lineaire of kwadratische functie geschat. Het resultaat is gegeven in tabel B6. De corresponderende figuren zijn in de hoofdtekst opgenomen.

Tabel B6 Coëfficiënten van de best-passende curven van de extra kans op motiliteit (m) en van de extra kans op begin van motiliteit (k) door verkeerspassages als functie van L_{max_bbv} en van SEL_bbv voor de 95%-betrouwbaarheidsgrenzen (U: upper; L: lower) en de geschatte functie (F), voor $x=1100$ (4 uur en 35 minuten na inslapen) en voor $x=600$ (2,5 uur na inslapen). Het bereik van L_{max_bbv} is van 20 tot en met 45 dB(A) en van SEL_bbv van 25 tot 55 dB(A).

			regressie-coëfficiënten				regressie-coëfficiënten
U1100	m	L_{max_bbv}	0,00051	U1100	m	SEL_bbv	0,00062
		$L_{max_bbv}^2$	4,23E-06			SEL_bbv^2	7,47E-06
		constante	-0,0018			constante	-0,019
F1100	m	L_{max_bbv}	0,00087	F1100	m	SEL_bbv	0,00098
		constante	-0,015			SEL_bbv^2	2,74E-06
						constante	-0,031
L1100	m	L_{max_bbv}	0,00093	L1100	m	SEL_bbv	0,0013
		constante	-0,023			SEL_bbv^2	-1,2E-06
						constante	-0,042
U600	m	L_{max_bbv}	0,00046	U600	m	SEL_bbv	0,00055
		$L_{max_bbv}^2$	3,79E-06			SEL_bbv^2	6,85E-06
		constante	-0,0059			constante	-0,022
F600	m	L_{max_bbv}	0,00079	F600	m	SEL_bbv	0,00089
		constante	-0,018			SEL_bbv^2	2,54E-06
						constante	-0,033

^a De gehanteerde formules hebben de volgende vorm:

$$U_x(\text{extra kans}) = F_x(\text{extra kans}) + [(U_x\text{-kans in ebi} - F_x\text{-kans in ebi})^2 + ((U_x\text{-kans niet in ebi} - F_x\text{-kans niet in ebi})^2)^{1/2}]$$

$$L_x(\text{extra kans}) = F_x(\text{extra kans}) - [(F_x\text{-kans in ebi} - L_x\text{-kans in ebi})^2 + ((F_x\text{-kans niet in ebi} - L_x\text{-kans niet in ebi})^2)^{1/2}]$$

L600	m	L_{max_bbv}	0,00085	L600	m	SEL_bbv	0,0012
		constante	-0,025			SEL_bbv^2	-1,1E-06
						constante	-0,043
U1100	k	L_{max_bbv}	0,00015	U1100	k	SEL_bbv	0,00029
		$L_{max_bbv}^2$	4,85E-06			SEL_bbv^2	4,61E-06
		constante	0,0019			constante	-0,0087
F1100	k	L_{max_bbv}	0,00050	F1100	k	SEL_bbv	0,00064
		constante	-0,0082			constante	-0,019
L1100	k	L_{max_bbv}	0,00068	L1100	k	SEL_bbv	0,00073
		$L_{max_bbv}^2$	-2,46E-06			SEL_bbv^2	-1,2E-06
		constante	-0,015			constante	-0,025
U600	k	L_{max_bbv}	0,00014	U600	k	SEL_bbv	0,000255
		$L_{max_bbv}^2$	4,44E-06			SEL_bbv^2	4,23E-06
		constante	-0,00017			constante	-0,00972
F600	k	L_{max_bbv}	0,00045	F600	k	SEL_bbv	0,000586
		constante	-0,0094			constante	-0,01949
L600	k	L_{max_bbv}	0,00062	L600	k	SEL_bbv	0,000668
		$L_{max_bbv}^2$	-2,25E-06			SEL_bbv^2	-1,1E-06
		constante	-0,016			constante	-0,0243

B.1.4 *Hartslagvariabelen*

L_{max_bu} , SEL_bu , en $piek_bu$ als onafhankelijke variabelen:

We hebben lineaire multilevel-regressieanalyses uitgevoerd met hartslag en IBI als afhankelijke variabelen en L_{max_bu} , SEL_bu , en $piek_bu$ als onafhankelijke variabelen (met geslacht als eventuele additionele variabele). Geen van de modellen leverde statistisch significante coëfficiënten van de geluidsexpositiematen op.

In de hoofdtekst hebben we de overige resultaten opgenomen.

B.1.5 *Zelf-geregistreerd ontwaken*

We hebben geen statistisch significante relatie tussen een geluidsexpositiemaat en kans op zelf-geregistreerd ontwaken kunnen vaststellen. In de hoofdtekst hebben we daarover verdere informatie gegeven.

C Variabelen over één nacht en etmaal

C.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn lineaire multivariate multilevel-regressies uitgevoerd met deelnemer als random factor. Er is éénzijdig getoetst met een significantieniveau van 0,05. De hypothesen luiden steeds dat naarmate de geluidsbelasting toeneemt de effectvariabele minder gunstig wordt (bijvoorbeeld ervaren slaapkwaliteit na ontwaken neemt af met de geluidsbelasting gedurende de slaaperiode, aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken neemt toe met de geluidsbelasting gedurende de slaaperiode). In de diverse figuren worden relaties gegeven over de range van de onafhankelijke variabele van 5% tot 95%.

Om bij een multilevel-regressies een indruk te geven van de sterkte van een verband, hanteren we de t-waarde van de regressie-coëfficiënt van de onafhankelijke variabele. Gezien de omvang van de gegevens (262 deelnemers, per deelnemer zes waarnemingen van een variabele) kunnen de waarden van t als volgt geïnterpreteerd worden:

waarde van t	significantieniveau
2,0	0,05;
2,5	0,01;
3,0	0,001.

Er zijn analyses gedaan over drie delen van het etmaal: de slaaperiode, de inslaaperiode en de tijd na slapen (overdag en 's avonds).

In C.2 en C.3 behandelen we de analyses over variabelen die betrekking hebben op de slaaperiode, in C.4 die over de inslaaperiode. Gegevens over de tijd na slapen (overdag en 's avonds) betreffen uitsluitend het invullen van de slaperigheidsstrips. Op vijf tijdstippen van de dag en avond (ongeveer 10.00, 12.30, 15.00, 17.30, 20.00 uur) is de slaperigheidsstrip ingevuld over de mate van slaperigheid/vermoeidheid. Tussen de uitkomsten van de slaperigheidsstrips overdag en 's avonds en de geluidsbelasting tijdens de slaaperiode ervoor hebben we geen statistisch significante relaties kunnen vaststellen. Daaraan wijden we in deze bijlage verder geen aparte paragraaf.

We hebben de volgende indicatoren voor slaapverstoring op etmaalniveau onderzocht:

Met betrekking tot de inslaaperiode

- Duur van de inslaaperiode
- Gemiddelde hartslagfrequentie (h_{ins}), gemiddelde IBI (IBI_{ins}) en gemiddelde hartslagvariabiliteit gedurende de inslaaperiode (btb_{ins})

Met betrekking tot de slaaperiode

- Gemiddelde kans op motiliteit (motorische onrust) in 15-s intervallen tijdens de slaaperiode ($mspt$)
- Gemiddelde kans op begin van motiliteit in 15-s intervallen tijdens de slaaperiode ($kspt$)
- Gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken (op de marker drukken) in 15-s intervallen tijdens de slaap ($markspt$) en totaal aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken gedurende de slaaperiode
- Gemiddelde hartslagfrequentie ($hspt$), gemiddelde IBI ($IBIspt$) en gemiddelde hartslagvariabiliteit ($btbspt$) gedurende de slaaperiode
- Verschil in gemiddelde hartslagfrequentie over de laatste 5 minuten van de slaaperiode en de gemiddelde hartslag over de eerste 5 minuten van de slaaperiode ($delta_h$), verschil in gemiddelde IBI over de laatste 5 minuten

van de slaaperperiode en gemiddelde IBI over de eerste 5 minuten van de slaaperperiode (*delta_IBI*), verschil in gemiddelde hartslagvariabiliteit over de laatste 5 minuten van de slaaperperiode en gemiddelde hartslagvariabiliteit over de eerste 5 minuten van de slaaperperiode (*delta_btb*).

- Variabelen uit de logboekjes, zoals ervaren slaapkwaliteit en aantal herinnerde tussentijdse ontwakingen.

De geluidsbelastingsvariabelen die we als onafhankelijke variabelen gebruikt hebben, zijn:

<i>Lbuspt</i> :	equivalent geluidniveau op de buitenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer
<i>Lbispt</i>	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer
<i>Lbi_bronspt</i> :	het uit <i>Lbuspt</i> en <i>bbv</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer door de luidere passages op de buitenmeter ($Lbi_bronspt = Lbuspt - bbv$)
<i>Lbibron_geslacht</i>	$Lbi_bronspt * geslacht$ met man geslacht = 1, en vrouw geslacht = 0
<i>Lbi_bgspt</i> :	het uit de waarden van <i>Lbu_Is</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer door rekening te houden met een laagste meetniveau in de slaapkamer van 20 dB(A), en het resultaat te verminderen met <i>bbv</i>
<i>Lbibg_geslacht</i>	$Lbi_bgspt * geslacht$ met man geslacht = 1, en vrouw geslacht = 0
<i>Lbi_onset</i> :	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één inslaaperperiode van een deelnemer
<i>Lbi_bron_onset</i> :	het uit <i>Lbu_onset</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer ($Lbi_bron_onset = Lbu_onset - bbv$)
De geluidsbelastingsvariabelen die we als additionele variabelen gebruikt hebben, zijn:	
<i>Lbi_Lbibronspt</i>	equivalent geluidniveau gedurende één slaaperperiode door geluid in de slaapkamer niet afkomstig van luidere verkeerspassages ^a
<i>p40db</i>	percentage van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur die niet groter zijn dan 40 dB(A)
<i>p45db</i>	percentage van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur die niet groter zijn dan 45 dB(A)
<i>p50db</i>	percentage van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur die niet groter zijn dan 50 dB(A)
<i>L95</i>	geluidniveau dat door 95% van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt
<i>L90</i>	geluidniveau dat door 90% van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt
<i>L60</i>	geluidniveau dat door 60% van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt
<i>L50</i>	geluidniveau dat door 50% van de waarden van <i>Lbu-Is</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt

^a In formule: $Lbi_Lbibronspt = 10 * \log [(10^{**}(Lbispt/10) - 10^{**}(Lbi_bronspt/10))]$. Ook zou *Lbi_bgspt* in plaats van *Lbi_bronspt* in de formule gebruikt kunnen worden. De uitkomst is dan vrijwel gelijk als bij gebruik van *Lbi_bronspt*. Het gemiddelde verschil is -0,05 dB(A) en in 1% van de gevallen is dit verschil kleiner dan -1 dB(A). De uitkomsten met gebruik van *Lbi_bronspt* zijn dus hetzelfde als met *Lbi_bgspt*.

Lbi_Lbibron_onset equivalent geluidniveau gedurende een inslaaperperiode door geluid in de slaapkamer niet afkomstig van de luidere verkeerspassages^a.

Alle geluidniveaus zijn in dB(A).

C.2 Slaaperperiode: expositie-effect relaties en factoren die daarop van invloed zijn

C.2.1 Motiliteit

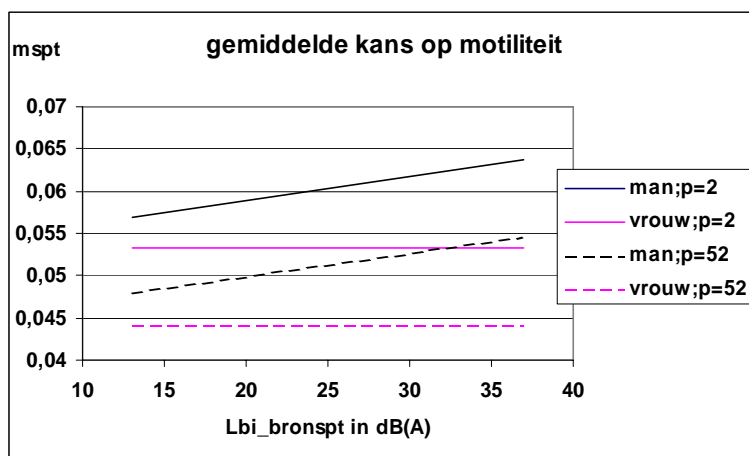
Expositie-effect relaties en effectmodificerende factoren

In de figuren C1 tot en met C6 zijn de verkregen relaties met *binnenmaten* in beeld gebracht. Alle coëfficiënten van de betrokken onafhankelijke, additionele en effectmodificerende variabelen zijn statistisch significant. Geslacht bleek een effectmodificerende factor. Voor elk van de relaties bleek dat de toevoeging van de term *L*geslacht* aan de regressievergelijking (met *L* een geluidsbelastingsvariabele) het 'Akaike's informatie criterium' statistisch significant verminderde. Die modellen verdienen dus de voorkeur. In tabel A2 zijn voor elke locatie *p40db*, *p45db*, en *p50db* gegeven. Deze variabelen zijn ingevoerd als additionele variabelen in de regressievergelijkingen die hierboven beschreven zijn. In elk van de zes vergelijkingen heeft *p40db* een statistisch significante coëfficiënt en dat geldt voor *p45db* en *p50db* eveneens in de meeste gevallen. Bij invoering van *p40db* is in de vier gevallen van mspt met *Lbi_bgspt*, mspt met *Lbi_bronspt*, kspt met *Lbi_bgspt*, en kspt met *Lbi_bronspt* de coëfficiënt van *Lbi_bgspt* of *Lbi_bronspt* niet significant. In die vier gevallen is een analyse uitgevoerd zonder *Lbi_bgspt* of *Lbi_bronspt* als onafhankelijke variabele. In elk van die vier gevallen hebben zowel *Lbibg_geslacht* of *Lbibron_geslacht* en *p40db* statistisch significante coëfficiënten. *p40db* levert in elk van de zes modellen een geringere waarde van het Akaike's informatie criterium ten opzichte van de modellen zonder *p40db*. *p2* en *p52* zijn de 5% en 95% waarden van *p40db*: *p2* representeert de snelwegen, en *p52* locatie 45, die de hoogste *p40db* heeft. Over het algemeen hebben de lokale/provinciale wegen en het railverkeer waarden van *p40db* die tussen 20 en 40 liggen. De figuren geven aan dat voor mannen op snelweglocaties de motiliteit het hoogst is, en voor vrouwen op rail- en lokale/provinciale wegen het laagst. Het effect van de geluidsexpositiematen *Lbi_bronspt*, *Lbi_bgspt* en *Lbispt* is kleiner dan dat van *p40db*. Bij vrouwen is een effect van *Lbi_bronspt* en van *Lbi_bgspt* zelfs afwezig.

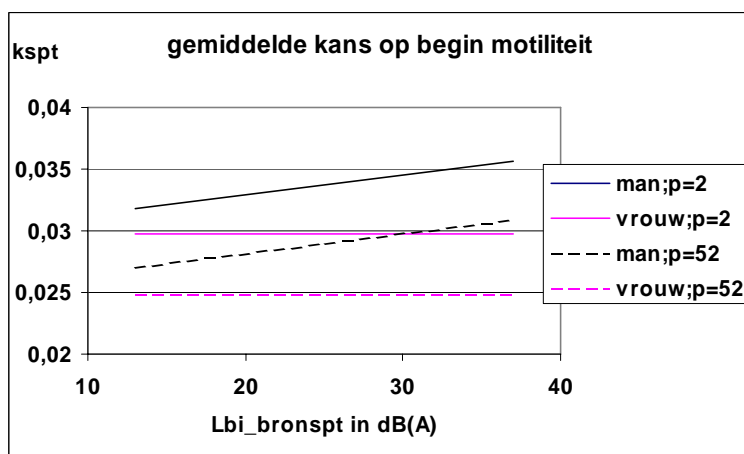
De statistische gegevens zijn in tabel C1 opgenomen.

We hebben ook analyses uitgevoerd met *p40db*p40db* en met zowel *p40db* als *p40db*p40db* als additionele variabelen. In het laatste geval heeft *p40db*p40db* in geen van de zes regressievergelijkingen een statistisch significante coëfficiënt. Bij invoering van *p40db*p40db* als additionele variabele nemen de waarden van het Akaike's informatie criterium ten opzichte van het model met *p40db* af, maar deze afnamen zijn niet statistisch significant. De in de zes figuren gegeven modellen zijn de te prefereren modellen.

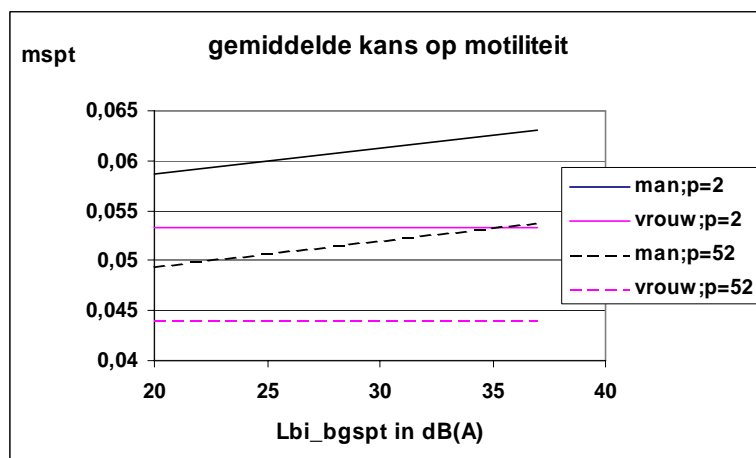
^a In formule: $Lbi_nietbron_onset = 10 * \log [(10^{**}(Lbi_onset/10) - 10^{**}(Lbibron_onset/10))]$.



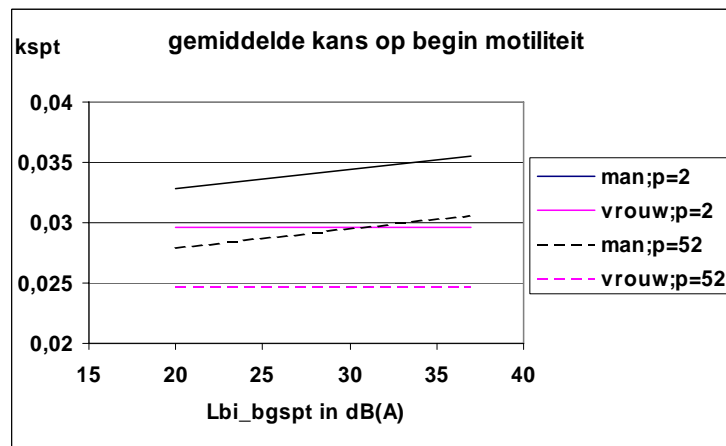
Figuur C1 Kans op motiliteit (mspt) als functie van Lbi_bronspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.



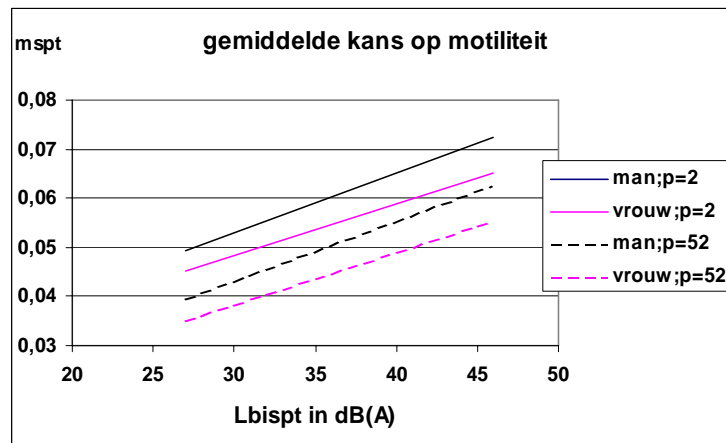
Figuur C2 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van Lbi_bronspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.



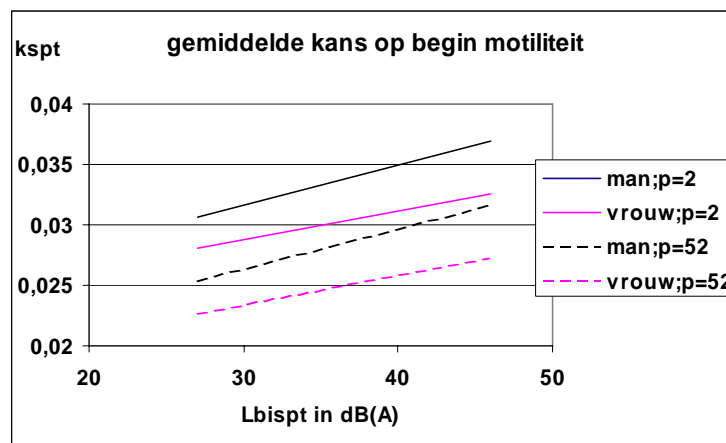
Figuur C3 Kans op motiliteit (mspt) als functie van Lbi_bgspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.



Figuur C4 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van Lbi_bgspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.



Figuur C5 Kans op motiliteit (mspt) als functie van Lbispt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.



Figuur C6 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van Lbispt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P=2 betekent dat 2% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p52 dat 52% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.

Bij vergelijking van de eerste vier figuren en de laatste twee figuren is het verschil in de relaties van motiliteit bij vrouwen zeer opvallend. Uit de modellen blijkt dat motiliteit en begin van motiliteit bij vrouwen niet afhangt van de geluidsbelasting door de luidere verkeerspassages, maar wel van de totale geluidsbelasting in de slaapkamer. Die totale geluidsbelasting wordt veroorzaakt door alle geluidbronnen in de slaapkamer te samen, zowel door het geluid dat in de slaapkamer wordt geproduceerd, als door het geluid dat van buiten in de slaapkamer doordringt. De geluidbronnen buiten de slaapkamer betreffen geluiden van buiten (luidere en minder luide verkeerspassages, stemmen, dichtslaanende autodeuren, kerkklokken, wind en/of regen tegen het slaapkamerraam, en geluiden geproduceerd buiten de slaapkamer door activiteiten van huisgenoten en derden, zoals het de trap op rennen, het huilen van de eigen baby of die van de burens, en apparatuur in het eigen huis (geluidsapparatuur of TV in woonkamer of andere slaapkamers) en rond het huis (sloopwerkzaamheden). Het is aannemelijk dat als de luidere verkeerspassages geen invloed hebben op de motiliteit bij vrouwen, dit ook niet het geval is voor de minder luide verkeerspassages. Dat sluit echter niet uit dat andere geluiden van buiten wel invloed kunnen hebben. Geluid dat in de slaapkamer wordt geproduceerd tijdens de slaaptijd van een deelnemer betreft bijvoorbeeld het snurken door de deelnemer en/of bedpartner, hoesten, activiteiten als aan en/of uitkleden van de partner, afgaan van de wekker, gekraak van het bed, apparatuur zoals airconditioning, en in voorkomende gevallen de televisie waar de bedpartner naar kijkt, het blaffen van de hond of het slaan van een klok in de slaapkamer^a. We hebben geen gegevens waaruit we kunnen afleiden wat de voornaamste geluidbronnen zijn, waar de motiliteit bij vrouwen wel op reageert.

Tabel C1 Gegevens regressievergelijkingen. De regressievergelijking is:
 $mspt \text{ (of kspt)} = \text{constante} + (\text{coëfficiënt } L) * L + (\text{coëfficiënt } p40db) * p40db.$

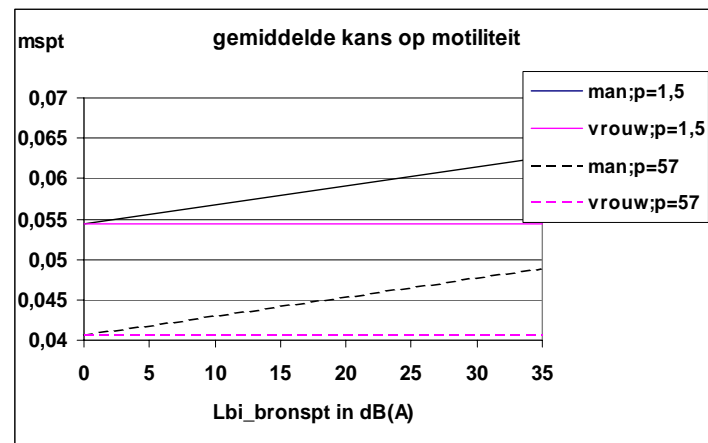
afhankelijke variabele	constante, coëfficiënt van	waarde	std. error	t
mspt	constante	0,0536	0,0022	24,0
	<i>Lbibr_man</i>	0,00028	0,0001	2,8
	<i>p40db</i>	-0,0002	0,0001	-2,4
kspt	constante	0,0299	0,0011	26,4
	<i>Lbibr_man</i>	0,00016	0,0001	3,2
	<i>p40db</i>	-9,6E-05	0,0000	-2,5
mspt	constante	0,0537	0,0022	23,9
	<i>Lbibg_man</i>	0,00027	0,0001	2,7
	<i>p40db</i>	-0,0002	0,0001	-2,5
kspt	constante	0,0299	0,0011	26,1
	<i>Lbibg_man</i>	0,00016	0,0000	3,2
	<i>p40db</i>	-9,8E-05	0,0000	-2,6
mspt	constante	0,0169	0,0052	3,3
	<i>LBIspt</i>	0,00106	0,0001	7,5
	<i>Lbi_man</i>	0,00016	0,0001	2,2

^a Uit de originele geluidsgegevens (waarden per seconde) op de eerste locatie blijkt duidelijk dat het ritmische geluid van snurken een voorname geluidsoorzaak in de slaapkamer tijdens de slaaptijden is. Zeer opvallend is echter, dat in de alle logboekjes van de deelnemers slechts 21 maal (ruim 1% van de nachten) het tussentijds wakker worden door snurken van de partner genoemd wordt.

	<i>p40db</i>	-0,0002	0,0001	-2,6
kspt	constante	0,0219	0,0023	9,6
	<i>LBI</i> spt	0,00024	0,0001	3,9
	<i>Lbi_man</i>	9,6E-05	0,0000	2,6
	<i>p40db</i>	-0,0001	0,0000	-2,8
inclusief GES				
mspt	constante	0,0548	0,0021	26,6
	<i>Lbibr_man</i>	0,00024	0,0001	2,7
	<i>p40db</i>	-0,00025	0,0001	-4,6
kspt	constante	0,0306	0,0010	29,3
	<i>Lbibr_man</i>	0,00010	0,0000	2,4
	<i>p40db</i>	-0,0001	0,0000	-3,8

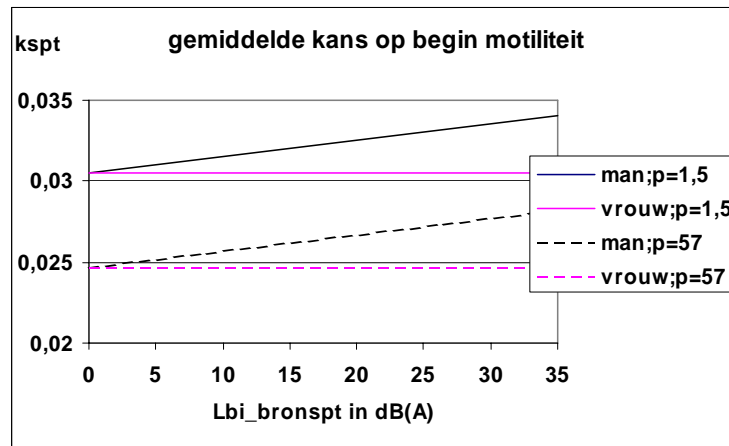
Toevoeging van gegevens van referentie-locaties uit GES onderzoek

Aan de gegevens uit het huidige onderzoek hebben we overeenkomstige gegevens uit het GES onderzoek toegevoegd: *Lbi_bronspt*, *Lbibrongeslacht*, en *p40db*^a. Vervolgens hebben we weer met een multilevel-regressieanalyse het verband bepaald van mspt met deze variabelen en van kspt met deze variabelen. In beide gevallen bleek dat de coëfficiënt van *Lbi_bronspt* niet statistisch significant was. De analyses zijn daarna herhaald met *Lbibrongeslacht* als onafhankelijke variabele en *p40db* als additionele variabele. Dat leverde het resultaat in de figuren C7 en C8 en het onderste gedeelte van tabel C1.



Figuur C7 *Kans op motiliteit (mspt) als functie van Lbi_bronspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P = 1,5 betekent dat 1,5% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn en p = 57 dat 57% van de waarden van Lbu_1s ten hoogste 40 dB(A) zijn.*

^a Gegeven de wijze van analyse van de gegevens in het GES onderzoek was het niet zonder zeer veel inspanning mogelijk om de twee andere maten voor de geluidsbelasting in de slaapkamer, *Lbi_bgspt* en *Lbispt*, af te leiden. We geven de uitkomsten dus alleen voor *Lbi_bronspt*.



Figuur C8 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van Lbi_bronspt voor mannen en vrouwen met p40db als additionele variabele. P = 1,5 betekent dat 1,5% van de waarden van Lbu_Is ten hoogste 40 dB(A) zijn en p = 57 dat 57% van de waarden van Lbu_Is ten hoogste 40 dB(A) zijn.

Uit een vergelijking van de coëfficiënten van de regressievergelijkingen met *Lbibrongeslacht* met en zonder de gegevens uit het GES onderzoek, blijkt dat toevoeging van de waarden uit GES het model niet aanmerkelijk verandert. Wel is het bereik van *Lbi_bronspt* en *p40db* groter geworden.

Vergelijking van motiliteit uit model en gemeten motiliteit

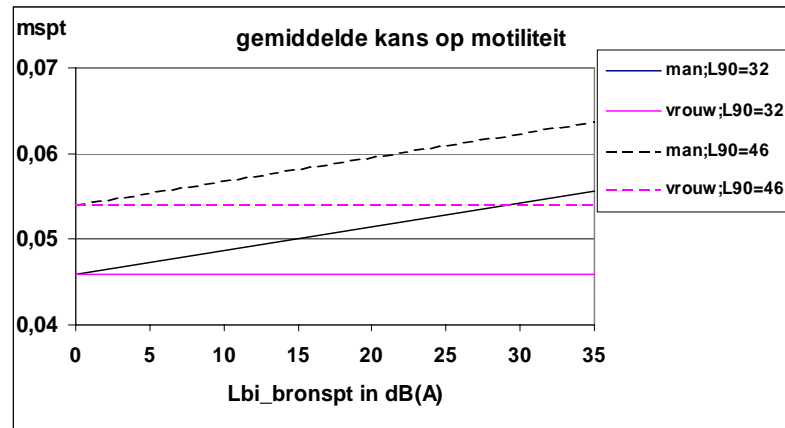
Met behulp van de in het voorgaande afgeleide regressievergelijkingen van *mspt* en van *kspt* hebben we per deelnemersnacht de gemiddelde kans op motiliteit (*mspt_berekend*) en op begin van motiliteit (*kspt_berekend*) van een deelnemer berekend. Vervolgens hebben we (multilevel met deelnemer als random factor) met een lineaire regressieanalyse het verband bepaald tussen de gemeten *mspt* (*mspt_gemeten*) en *mspt_berekend* en tussen de gemeten *kspt* (*kspt_gemeten*) en *kspt_berekend*. Het verband tussen *mspt_gemeten* en *mspt_berekend* voor de individuele waarnemingen heeft een correlatiecoëfficiënt van 0,32 en tussen *kspt_gemeten* en *kspt_berekend* van 0,30. Tevens hebben we de gemiddelde waarde van de gemeten en berekende motiliteit en begin van motiliteit per locatie per geslacht berekend. De lineaire regressieanalyse van *mspt_berekend* op *mspt_gemeten* per locatie*geslacht met het aantal waarnemingen per locatie*geslacht als weegfactor, geeft R gelijk aan 0,741; voor *kspt* hebben we R = 0,735 berekend. Deze relatief hoge waarden van R impliceren dat de onafhankelijke variabelen in het model goed in staat zijn om veranderingen in *mspt* en *kspt* te verklaren.

We hebben ook nagegaan of motiliteit en begin van motiliteit afhangt van *Lbi_Lbibrongspt*. Dat is inderdaad het geval. Geslacht is additionele variabele, maar geen effectmodificerende variabele in de modellen. De 95% en 5% overschrijdingswaarden van *Lbi_Lbibrongspt* zijn respectievelijk 3 en 23 dB(A).

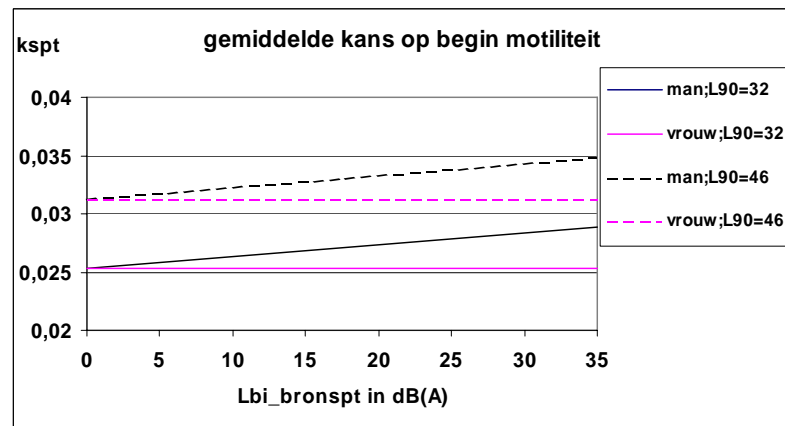
Overige additionele en verstorende variabelen

In plaats van *p40db* hebben we ook *L95*, *L90*, *L60*, en *L50* als additionele variabelen in de modellen ingevoerd. Ook deze additionele variabelen bleken over het algemeen statistisch significante coëfficiënten te hebben. De beste modellen levert *L90*. In de figuren C9 en C10 is een voorbeeld voor motiliteit en een voorbeeld voor begin van motiliteit gegeven. *L90* is daarbij gelijk genomen aan de waarden die door 5% ($L90 =$

46 dB(A)) en door 95% ($L90 = 32$ dB(A)) van de waarden van $L90$ juist overschreden wordt. De gegevens uit het GES-onderzoek hebben we in de analyses meegenomen.



Figuur C9 Kans op motiliteit (mspt) als functie van $Lbi_bronspt$ voor mannen en vrouwen met $L90$ als additionele variabele, voor $L90$ gelijk aan 32 en 46 dB(A).



Figuur C10 Kans op begin van motiliteit (kspt) als functie van $Lbi_bronspt$ voor mannen en vrouwen met $L90$ als additionele variabele, voor $L90$ gelijk aan 32 en 46 dB(A).

Van alle overige onderzochte mogelijke additionele variabelen (zie hoofdstuk 3; de rol van geslacht is reeds in het voorgaande behandeld) bleken

- het gebruik van persoonlijke gehoorbescherming
- een op de slaap werkzaam slaapmiddel of medicijn

variabelen te zijn met statistisch significante coëfficiënten. Deze twee variabelen zijn geen effectmodificerende variabelen. Alle overige mogelijke additionele variabelen hadden in de regressievergelijkingen geen statistisch significante coëfficiënten.

In totaal hebben 13 personen samen gedurende 33 nachten (9 vrouwen op 6 locaties gedurende 26 nachten en 4 mannen gedurende 7 nachten op 4 locaties) van gehoorbescherming gebruik gemaakt. Uit een multilevel-analyse met $mspt$ als afhankelijke variabele, $Lbibrongeslacht$ als onafhankelijke variabele, $p40db$ en de binaire grootheid 'gebruik gehoorbescherming' als additionele variabelen blijkt dat de coëfficiënt van 'gebruik gehoorbescherming' + 0,017 is ($t = 3,16$; significantieniveau = 0,002). De dragers/draagsters van gehoorbescherming op een nacht hebben dus een iets hogere motiliteit dan de niet-dragers. Als alle nachten van een gebruiker van gehoorbescherming worden gekenmerkt met de binaire grootheid 'gebruiker gehoorbescherming' is de coëfficiënt van 'gebruiker gehoorbescherming' + 0,010. De

gebruikers van gehoorbescherming hebben dus op de nachten dat ze geen beschermers gebruiken, ook een iets hogere motiliteit.

Na de classificatie van medicijnen en slaapmiddelen op de verwachte werking als slaapinducerend middel bleek dat in totaal 23 personen deze middelen tijdens het onderzoek hebben gebruikt en wel alle 23 deelnemers elke nacht. Het betreft 16 vrouwen op 9 locaties en 7 mannen op 6 locaties. De coëfficiënt van de binaire grootheid 'gebruik werkend middel op de slaap' met *mspt* als afhankelijke variabele, *Lbbron_geslacht* als onafhankelijke variabele, en *p40db* als additionele variabele is + 0,010 ($t = 2,17$; significantieniveau = 0,03). De deelnemers die een slaapmiddel gebruiken hebben een iets hogere motiliteit (0,01) dan zij die dit niet doen.

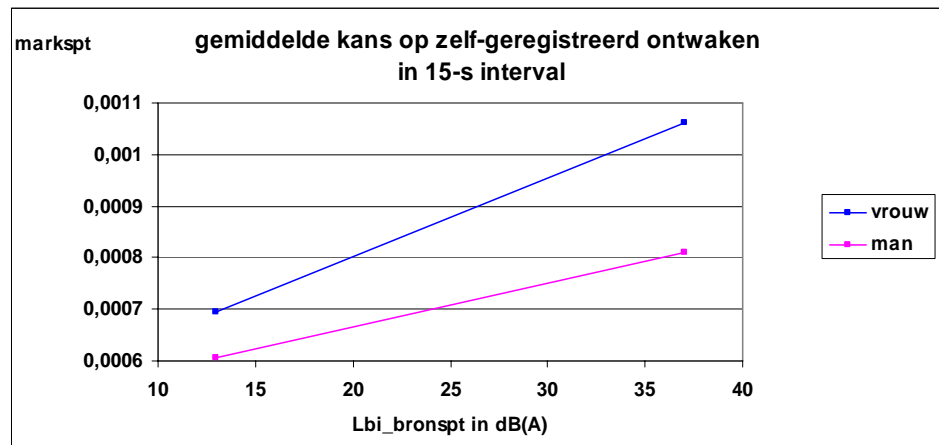
Lbi_Lbibronspt (het equivalente geluidniveau van de geluidsbelasting in de slaapkamer, die niet door de luidere passages veroorzaakt wordt) is een verstorende variabele van de hiervoor gepresenteerde relaties. De mate waarin *Lbi_Lbibronspt* een verstorende variabele is van de relatie tussen *mspt* en *Lbi_bronspt* (met *p40db* als additionele variabele) voor mannen (er is geen relatie voor vrouwen) hebben we als volgt berekend.

Allereerst hebben we voor mannen de verbanden bepaald tussen *mspt* en *Lbi_Lbibronspt* en tussen *Lbi_bronspt* en *Lbi_Lbibronspt*. Vervolgens hebben we nagegaan wat de toename in *Lbi_Lbibronspt* is als *Lbi_bronspt* toeneemt van de waarde die door 5% tot de waarde die door 95% van *Lbi_bronspt* niet wordt overschreden. Dat is een toename in *Lbi_Lbibronspt* van 5,9 dB(A). Daarna hebben we uit het verband van *Lbi_Lbibronspt* met *mspt* geschat in welke mate *mspt* toeneemt bij de berekende toename van *Lbi_Lbibronspt* van 5,9 dB(A). Dat is een toename in *mspt* van 0,0032. Deze toename hebben we gerelateerd aan de toename van *mspt* als *Lbi_bronspt* toeneemt van de waarde die door 5% tot de waarde die door 95% van *Lbi_bronspt* niet wordt overschreden (een toename in *mspt* van 0,0084). Dit houdt in dat de toename in *mspt* met *Lbi_bronspt* bij mannen voor 38% samenhangt met een toename in *Lbi_Lbibronspt*.

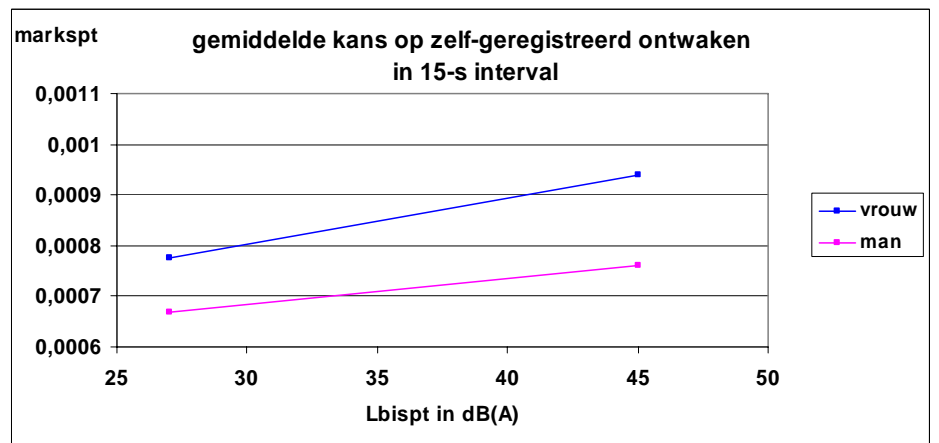
C.2.2 *Zelf-geregistreerd ontwaken*

Expositie-effectrelatie en additionele, effectmodificerend, en verstorende variabelen

Er zijn statistisch significante relaties van de kans op zelf-geregistreerd ontwaken met *Lbi_bgspt*, *Lbi_bronspt*, en *Lbispt*. Geslacht is effectmodificerende variabele, *p40db* is geen additionele variabele. De resultaten voor *Lbi_bronspt* en *Lbispt* zijn in de figuren C11 en C12 en in tabel C2 opgenomen.



Figuur C11 De gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval als functie van *Lbi_bronspt* met geslacht als defectmodificerende variabele.



Figuur C12 De gemiddelde kans op zelf-geregistreerd ontwaken in een 15-s interval als functie van *Lbispt* met geslacht als defectmodificerende variabele.

Tabel C2 Statistische gegevens uit de regressieanalyses.

afhankelijke variabele	constante, coëfficiënt van	waarde	std. error	t
markspt	constante	0,00050	0,00012	4,2
	<i>Lbi_bronspt</i>	0,000015	0,000005	3,1
	<i>Lbibron_geslacht</i>	-0,000007	0,000003	-2,1
markspt	constante	0,00053	0,0011	26,4
	<i>Lbispt</i>	0,000009	0,000004	2,04
	<i>Lbi_geslacht</i>	-0,000004	0,000002	-1,9

C.2.3 Hartslag

De drie gemiddelde hartslagvariabelen hebben we gerelateerd aan alle geluidsvariabelen over één nacht. Er zijn multilevel-regressiemodellen gebruikt met deelnemer als random factor. Er bleek geen enkele significante coëfficiënt van de geluidsvariabelen. Ook het invoeren/toevoegen van onafhankelijke variabelen en mogelijke additionele variabelen als *Lbi_bronspt*geslacht*, geslacht, leeftijd, BMI, en *p40db* leidde niet tot statistisch significante relaties.

We hebben ook onderzocht of er een relatie is tussen de geluidsbelasting gedurende de slaaperiode ($Lbi_bronspt$) en Δh , ΔIBI , en Δbtb . Daarbij hebben we diverse relaties onderzocht, die we voor Δh hieronder aangeven:

1. Δh als functie van $Lbi_bronspt$
2. Δh als functie van $Lbi_bronspt$ met vier dummy variabelen ($h1$, $h2$, $h3$, $h4$) gebaseerd op de hartslagfrequentie aan het begin van de slaaperiode. Daartoe hebben we het bestand in vier ongeveer even grote groepen ingedeeld, afhankelijk van de gemiddelde waarde van de hartslagfrequentie gedurende de eerste vijf minuten van de slaap
3. Δh als functie van $Lbi_bronspt*h1$, $Lbi_bronspt*h2$, $Lbi_bronspt*h3$, en $Lbi_bronspt*h4$
4. Δh als functie van $h1$, $h2$, $h3$, $h4$, $Lbi_bronspt*h1$, $Lbi_bronspt*h2$, $Lbi_bronspt*h3$, en $Lbi_bronspt*h4$
5. Δh als functie van $h1$, $h2$, $h3$, en $h4$

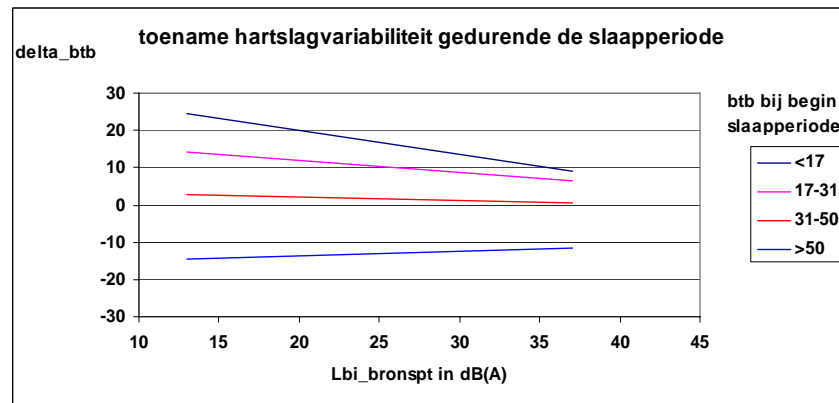
Voor de hartslagfrequentie en IBI levert alleen het laatste model statistisch significante coëfficiënten van $h1$, $h2$, $h3$, $h4$, $IBI1$, $IBI2$, $IBI3$, en $IBI4$. Dat houdt in dat we geen verband hebben kunnen leggen tussen de verandering in de hartslagfrequentie en de verandering in IBI in de loop van de slaaperiode en de geluidsbelasting. In tabel C3 zijn de gemiddelde waarden van Δh en ΔIBI voor de diverse klassen gegeven.

Tabel C3 Gegevens over de verandering in hartslagfrequentie en in IBI voor vier klassen van hartslagfrequentie en IBI.

klasse van h in slagen/ minuut	Δh in slagen/ minuut	klasse van IBI in ms	ΔIBI in ms
< 59,4	4,2	< 800	130
59,4-65,9	0,1 (n.s)	800 - 910	51
65,9-74,9	-2,8	910 - 1010	9 (n.s.)
$\geq 74,9$	-10,8	≥ 1010	-62

In figuur C13 is het resultaat gegeven voor de variabiliteit in IBI. Model 4 gaf de laagste waarde van het Akaike's informatie criterium, hoewel niet alle coëfficiënten statistisch significant zijn. De onderste twee lijnen hebben een niet-significante regressiecoëfficiënt van $Lbi_bronspt*btb$.

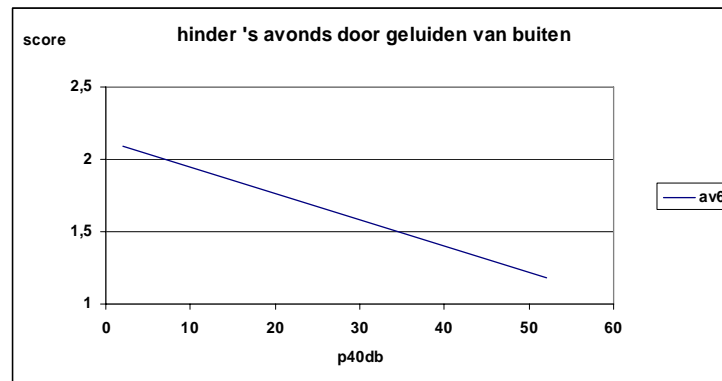
We hebben ook per hartslagvariabele de verdeling van mannen en vrouwen in elk van de vier groepen berekend. Met betrekking tot de hartslag is het percentage mannen in de deelgroep met de laagste hartslag aan het begin van de slaaperiode 71% en zijn de percentages in de volgende deelgroepen respectievelijk 58, 42, en 19%. Voor IBI gelden ongeveer dezelfde percentages als voor de hartslag. Met betrekking tot de variabiliteit in IBI zijn de percentages mannen in de vier deelgroepen ongeveer gelijk: 47, 43, 55, en 46%. Figuur C13 is dus zowel op mannen als vrouwen van toepassing.



Figuur C13 Verskil in gemiddelde variabiliteit in IBI over de laatste vijf minuten van de slaaperiode en de eerste vijf minuten van de slaaperiode (Δ_{btb}) als functie van $Lbi_{bronspt}$ voor vier deelgroepen, ingedeeld naar de gemiddelde variabiliteit in IBI over de eerste vijf minuten van de slaap. Labels in ms. De onderste twee lijnen hebben niet-significante regressiecoëfficiënten van $Lbi_{bronspt} * btb3$ en van $Lbi_{bronspt} * btb4$.

C.2.4 Gegevens uit logboekjes

Alle variabelen uit de logboekjes hebben we gerelateerd aan de geluidsmaten $Lbispt$, $Lbi_{bronspt}$, Lbi_{bgspt} , met geslacht en $p40db$ als mogelijke additionele variabelen. Ook hebben we $p40db$ als onafhankelijke variabele ingevoerd. Er bleken drie statistisch significante relaties met $Lbispt^a$. $p40db$ als onafhankelijke variabele leverde één statistisch significante relatie op. We hebben geen additionele, effectmodificerende en versturende variabelen kunnen vinden. De resultaten zijn gegeven in tabel C4 en een voorbeeld in figuur C14. Uit dit voorbeeld blijkt dat naarmate het achtergrondgeluid afneemt ($p40db$ toeneemt) de, overigens geringe, hinder 's avonds door geluiden van buiten afneemt.



Figuur C14 Hinder 's avonds (av6, 11-puntsschaal met score=0 helemaal niet gehinderd tot 10 uitermate gehinderd) door geluiden van buiten als functie van $p40db$.

^a Dat betekent dus, dat er geen relatie is met $Lbi_{bronspt}$.

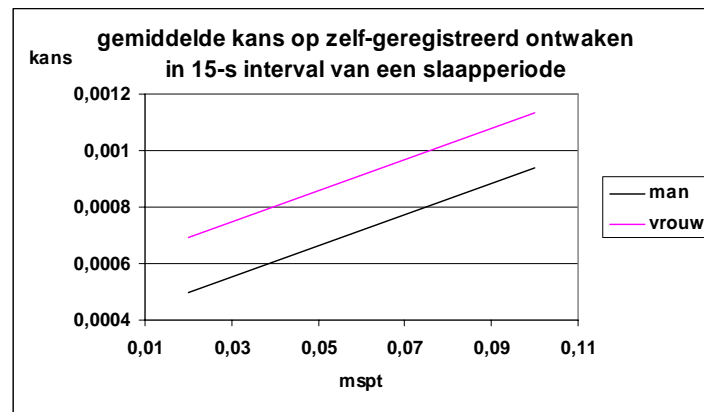
Tabel C4 Statistische gegevens uit de regressieanalyses.

afhankelijke variabele	constante, coëfficiënt van	waarde	standard error	t
moeite met inslapen	constante	1,190	0,532	2,24
	<i>Lbispt</i>	0,033	0,015	2,25
uitgerust na ontwaken	constante	2,711	0,311	8,73
	<i>Lbispt</i>	0,025	0,007	2,86
slaapkwaliteit	constante	7,572	0,464	16,34
	<i>Lbispt</i>	-0,026	0,012	-2,05
geluidhinder 's avonds	constante	2,130	0,158	13,50
	<i>p40db</i>	-0,018	0,006	-2,97

C.3 Slaaperperiode: associaties tussen effectvariabelen

C.3.1 Associatie tussen motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken

Zowel mspt als kspt hangen samen met markspt. Geslacht is de enige additionele variabele. Het resultaat is geïllustreerd voor mspt en markspt in figuur C15.



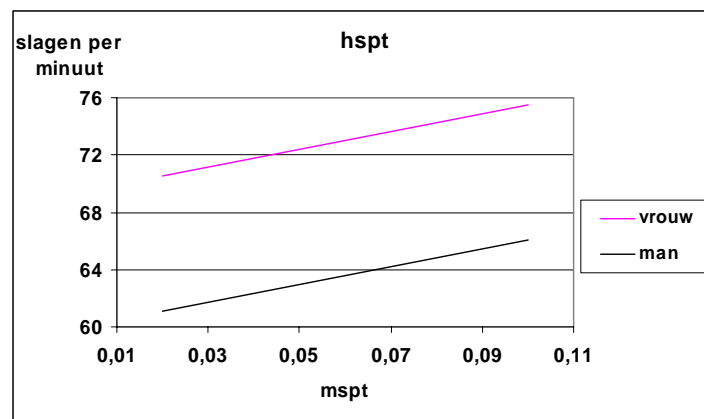
Figuur C15 Associatie tussen motiliteit en zelf-gerapporteerd ontwaken voor mannen en vrouwen. Vergelijking: $\text{markspt} = 0,000581 + 0,00551 * \text{mspt} - 0,000193 * \text{dummy variabele_geslacht}$ ($\text{man}=1$). Waarde van t voor coëfficiënt mspt: 7,06.

C.3.2 Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met hartslagvariabelen

We hebben statistisch significante associaties vastgesteld tussen mspt, kspt enerzijds en IBIspt en hspt anderzijds. Er bleek geen associatie tussen de motiliteitsparameters en variabiliteit in IBI. In tabel C5 zijn de gegevens over de statistisch significante relaties opgenomen. In figuur C16 is een voorbeeld van een associatie gegeven. We hebben nagegaan of er een interactie is tussen mspt en geslacht door $\text{mspt} * \text{geslacht}$ aan de modellen toe te voegen. Dat bleek niet het geval te zijn.

Tabel C5 Gegevens over de associaties van motiliteit en hartslag.

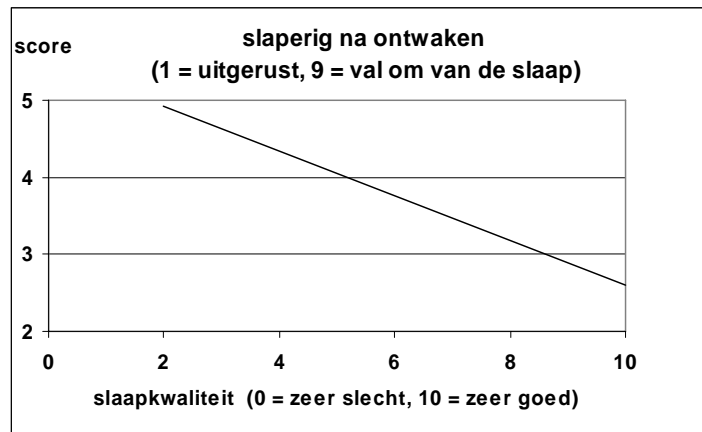
afhankelijke variabele	constante, coëfficiënt van	waarde	t
mspt	constante	885	3,04
	IBI	-726	
	geslacht	124	
mspt	constante	69,3	-3,04
	hspt	62,52	
	geslacht	-9,4	
kspt	constante	888	3,08
	IBI	-1380	
	geslacht	125	
kspt	constante	68,8	-3,12
	hspt	129,1	
	geslacht	-9,7	



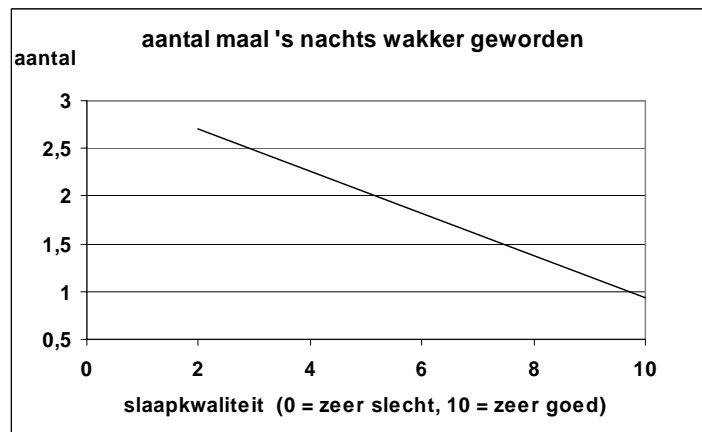
Figuur C16 Associatie tussen hspt en mspt met geslacht als additionele variabele.

C.3.3 Associaties tussen variabelen uit logboekjes

De variabelen uit de avondlogboekjes zijn aangegeven met av.. en die uit de ochtendlogboekjes met mo... Voor zover relevant zijn alle variabelen met elkaar in verband gebracht door middel van een lineaire multilevel-regressieanalyse, met deelnemer als random factor. De relaties met een statistisch significante regressiecoëfficiënt van de als onafhankelijke variabele gekozen variabele zijn in tabel C6 opgenomen. In de tabel de waarden van t van de regressiecoëfficiënt. In figuur C17 en C18 zijn twee voorbeelden opgenomen, waarbij de slaapkwaliteit (mo20) als één van de twee variabelen is gekozen.



Figuur C17 Associatie tussen slaperigheid na opstaan en slaapkwaliteit.



Figuur C18 Associatie tussen aantal maal dat deelnemer zich herinnert wakker te zijn geweest en slaapkwaliteit.

Tabel C6 t-waarden van de regressiecoëfficiënt van de regressielijn voor significante associaties tussen gegevens uit avond- en morgenlogboekjes.

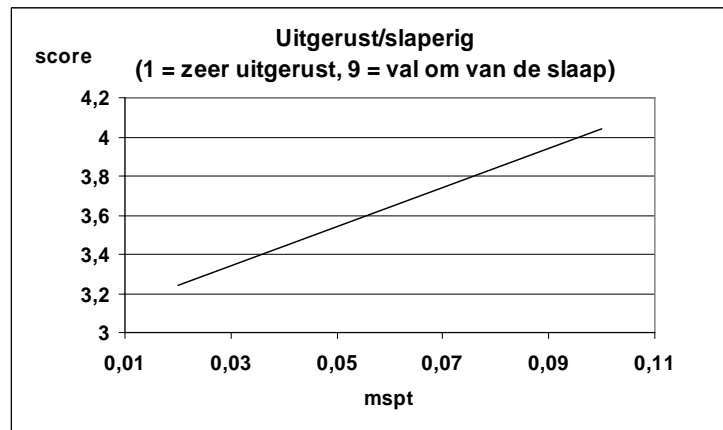
variabele	variabele										
	av1	av6	av7	av10	mo2	mo6	mo9	mo10	mo11	mo11#	mo20
av1			2,70		6,70					2,75	-2,59
av6			22,36		3,53					2,09	
av7	2,70	22,36		3,23	2,84	3,08	1,99				-3,56
av10			3,23			5,26	5,10				-5,07
mo2	6,70	3,53	2,84			9,74		3,45	3,59	5,84	-19,36
mo6			3,08	5,26	9,74		3,01	2,43	3,90	5,50	-17,84
mo9bin			1,99	5,10		3,01					-3,87
mo10bin					3,45	2,43					-4,13
mo11bin					3,59	3,90					-8,35
mo11keer	2,75	2,09			5,84	5,50					-12,54
mo20	-2,59		-3,56	-5,07	19,36	17,84	-3,87	-4,13	-8,35	-12,54	
verticaal	horizontaal										
av1	slaperig 's avonds										
av6	hinder door geluiden in omgeving vandaag										
av7	hinder door geluiden in omgeving vanavond										
av10	verwachting niet (in)slapen										
mo2	slaperig na ontwaken										
mo6	moeite met inslapen										
mo9bin	mo9	gebruik slaappil									
mo10bin	mo10	gebruik gehoorbescherming									
mo11bin	mo11	vannacht wakker geworden									
mo11keer	mo11#	aantal keer tussentijds wakker geworden									
mo20	slaapkwaliteit										

C.3.4

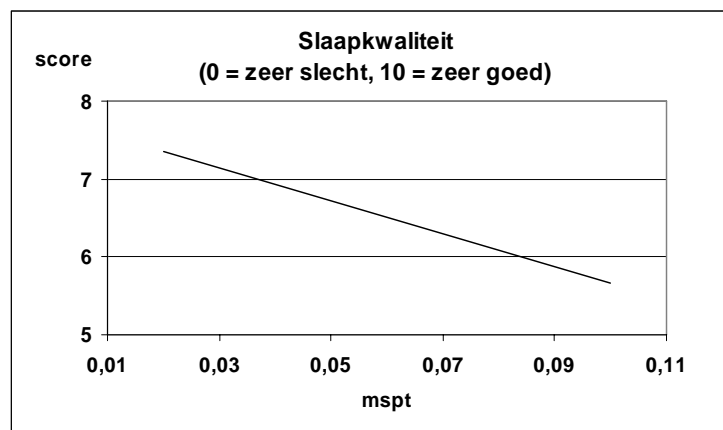
Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit logboekjes
 Er zijn diverse associaties tussen *mspt*, *kspt* en *markspt* enerzijds en variabelen uit logboekjes en vragenlijst anderzijds. In de onderstaande tabel zijn de statistisch significante t-waarden van de regressiecoëfficiënt van een variabele gegeven. Geslacht is geen additionele variabele. Na de tabel zijn de associaties in figuren geïllustreerd voor *mspt*. Voor *kspt* en *markspt* gelden vergelijkbare figuren.

Tabel C7 t-waarden van de regressiecoëfficiënt van de regressielijn van een verband tussen mspt, kspt, markspt als onafhankelijke variabelen en een variabele uit de logboekjes.

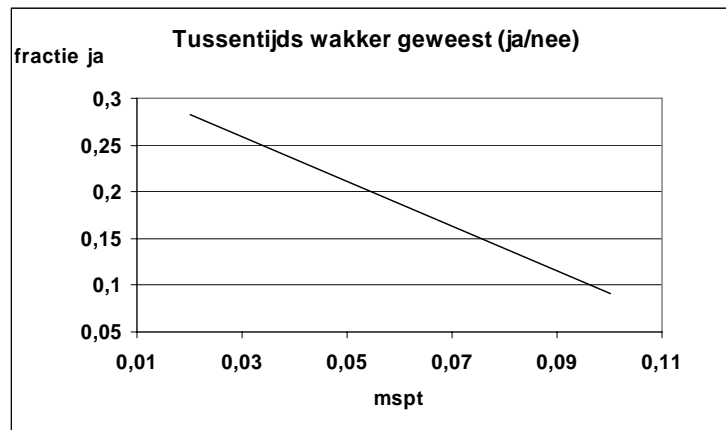
omschrijving variabele	waarde van t		
	mspt	kspt	markspt
geluidhinder 's avonds	2,9	2,9	2,0
mate van uitgerust zijn 's morgens	6,5	4,0	3,6
slaapkwaliteit uit logboek	-8,9	-5,9	-8,3
tussentijds wakker geweest			13,2
aantal maal tussentijds wakker geweest	5,1	3,6	21,9
verkeersgeluiden bemoeilijken inslapen	4,2	2,5	4,0
gebruik gehoorbescherming	2,5		



Figuur C19 Associatie tussen mate van uitgerust zijn na wakker worden en mspt.



Figuur C20 Associatie tussen ervaren slaapkwaliteit 's morgens en mspt.



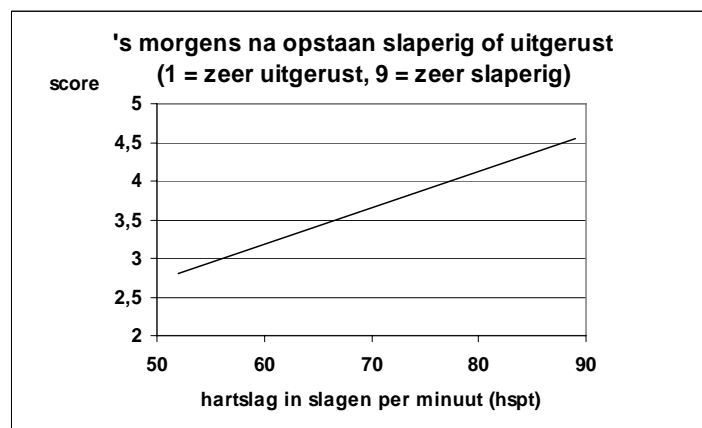
Figuur C21 Associatie tussen tussentijds wakker zijn geweest en mspt.

C.3.5 Associaties van hartslagvariabelen met variabelen uit logboekjes

Er is een associatie tussen hartslagvariabelen en twee variabelen uit de logboekjes. In de onderstaande tabel zijn de statistisch significante t-waarden gegeven van de coëfficiënten van de hartslagvariabelen uit de regressievergelijking. Geslacht, leeftijd, en BMI^a bleken geen additionele variabelen te zijn. In de figuren C22 en C23 zijn twee voorbeelden gegeven.

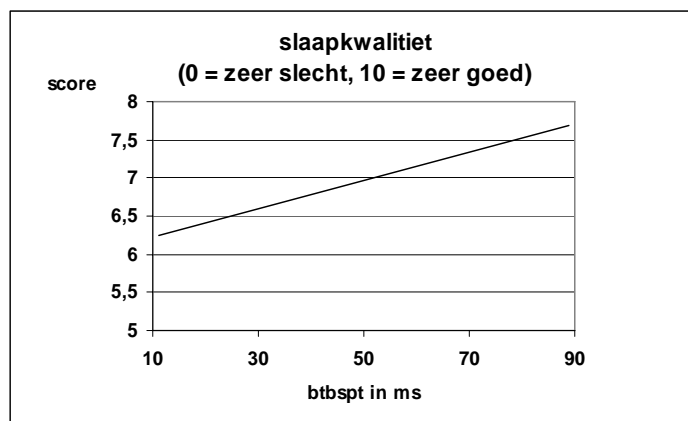
Tabel C8 t-waarden van statistisch significante relaties.

variabele	lBIspt	hspt	btbspt
na opstaan slaperig of uitgerust	-2,99	2,99	
slaapkwaliteit uit logboek	1,95		2,04



Figuur C22 Associatie tussen gemiddelde hartslag tijdens de slaaperiode en mate van slaperig zijn na ontwaken.

^a De variabele BMI is tevens gedichotomiseerd met BMI = 26,4 (afgerond op één plaats na de komma) als afkappunt. Ook deze gedichotomiseerde variabele bleek geen additionele variabele in de gegeven relaties.



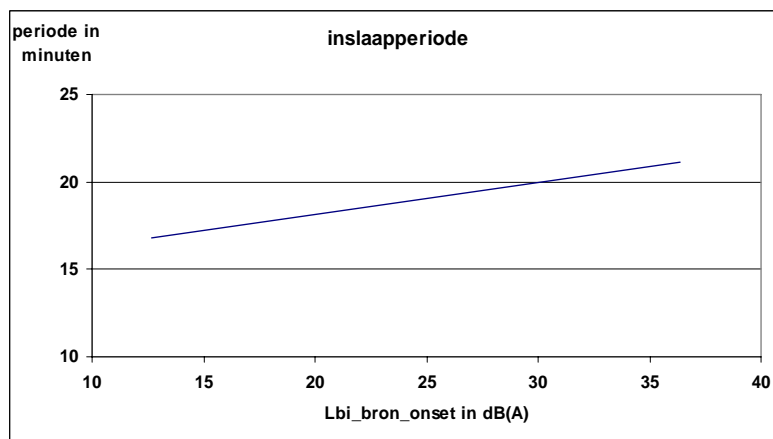
Figuur C23 Associatie tussen variabiliteit in IBI's en slaapkwaliteit.

C.4 Inslaaperiode

In paragraaf 4.2 hebben we aangegeven op welke wijze de duur van de inslaaperiode bepaald is. In deze paragraaf beschouwen we eventuele expositie-effectrelaties van variabelen tijdens de inslaaperiode en factoren die op die relaties van invloed zijn.

C.4.1 Expositie-effectrelaties

Er is een statistisch significante relatie van duur inslaaperiode met *Lbi_bron_onset* en met *Lbi_onset*. In figuur C24 is het verband tussen duur inslaaperiode en *Lbi_bron_onset* gegeven. Als *Lbi_bron_onset* toeneemt van 12 tot 35 dB(A) (respectievelijk de 5%- en 95%-waarde van *Lbi_bron_onset*), neemt de inslaaperiode met ruim vier minuten, van 16,8 tot 21,1 minuut, toe. Omdat er ook een samenhang is tussen *Lbi_bron_onset* en *Lbi_Lbibron_onset*, is *Lbi_Lbibron_onset* een versturende variabele van deze relatie. De toename in de inslaaperiode met *Lbi_bron_onset* wordt voor 48% verklaard uit de toename van de duur van de inslaaperiode met *Lbi_Lbibron_onset*.

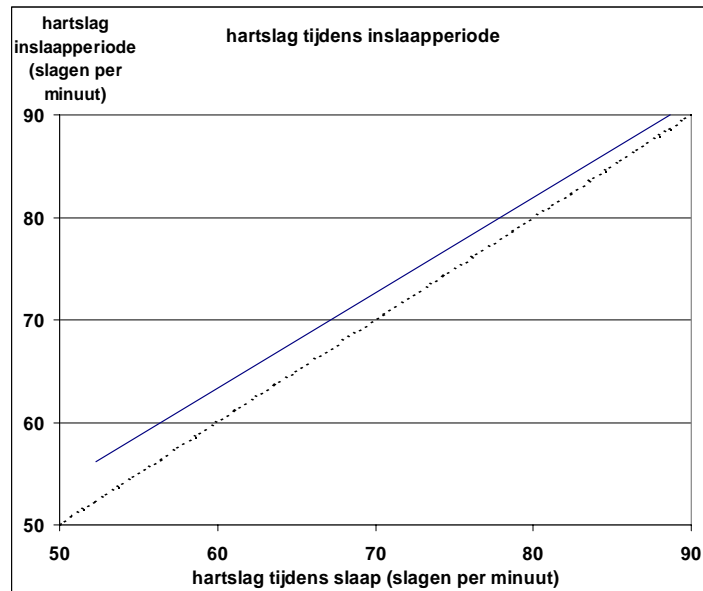


Figuur C24 Relatie tussen inslaaperiode en *Lbi_bron_onset*. De regressievergelijking is $\text{duur} = 14,49 + 0,183 * \text{Lbi_bron_onset}$.

Er zijn geen relaties tussen de geluidsvariabelen en de drie hartslagvariabelen gemiddelde hartslag, gemiddelde IBI, en gemiddelde variabiliteit in IBI tijdens de inslaaperiode.

C.4.2 Associaties

Er is een zeer significante relatie tussen de gemiddelde hartslag tijdens de inslaaperperiode en de gemiddelde hartslag tijdens de slaap. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde IBI's. In figuur C25 is de samenhang tussen de gemiddelde hartslagen gedurende beide perioden gegeven.

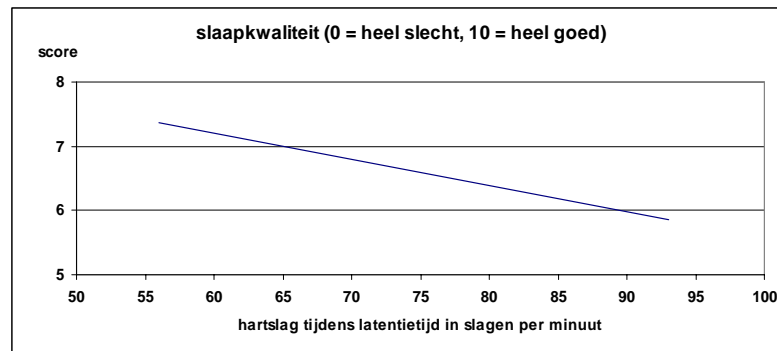


Figuur C25 De samenhang tussen de gemiddelde hartslag tijdens de slaap en die tijdens de inslaaperperiode. De lijn $\text{hartslag} = \text{hartslag}$ is in de figuur onderbroken weergegeven.

Tussen enerzijds de variabelen 'duur van de inslaaperperiode, gemiddelde hartslag, en gemiddelde IBI' en anderzijds alle relevante variabelen uit de logboekjes, en daaruit afgeleide variabelen, zijn in een lineaire multilevel-regressieanalyse met deelnemer als random factor de regressievergelijkingen bepaald. Het resultaat is in tabel C8 gegeven. In figuur C26 is een voorbeeld gegeven. De figuur laat zien dat naarmate de hartslag tijdens het inslapen hoger is, de slaapkwaliteit afneemt. Omdat er een hoge correlatie is tussen hartslag tijdens de inslaaperperiode en de hartslag tijdens de slaaperperiode, is het niet onwaarschijnlijk dat de associatie tot de hartslag tijdens de slaaperperiode terug te voeren is.

Tabel C9 Associaties tussen gemiddelde hartslag, gemiddelde IBI tijdens de inslaaperperiode, duur van de inslaaperperiode, en variabelen uit de logboekjes. t-waarden van de statistisch significante regressiecoëfficiënt van de hartslagvariabelen.

omschrijving variabele uit logboek	h_ins	IBI_ins	duur inslaaperperiode
mate van slaperigheid 's avonds	2,67	-2,11	
verwachting niet te kunnen inslapen			
moeite met inslapen	2,61	-2,01	3,19
geschat aantal minuten tot inslapen	2,58	-2,43	
slaapkwaliteit uit logboek	-2,25	2,25	



Figuur C26 De associatie tussen de hartslag tijdens de inslaaperiode en de slaapkwaliteit die de volgende ochtend gerapporteerd wordt.

D Over zes nachten geaggregeerde variabelen en variabelen uit de vragenlijst

D.1 Inleiding

Effectvariabelen

We hebben twee soorten gegevens onderzocht:

- geaggregeerde data: de volgende over zes nachten gemiddelde variabelen: motiliteit (*m_sleep*), begin van motiliteit (*k_sleep*), gemiddeld aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken (*mark_sleep*), hartslagfrequentie (*h_sleep*), IBI (*IBI_sleep*), en variabiliteit in IBI (*btb_sleep*)
- gegevens uit de vragenlijst. De vragenlijst bestaat uit vier onderdelen: 1. algemeen, 2. gezondheid en slaap, 3. geluidsgevoeligheid (verkorte lijst van Weinstein)⁴⁵, en 4. stellingen over het omgaan met problemen (verkorte Utrechtse Coping Lijst)⁴⁶. In het algemene gedeelte hebben we vragen opgenomen over persoonskenmerken, de woonsituatie, geluidhinder, nachtelijke geluiden in de woning, en veiligheid. Het gedeelte over gezondheid en slaap bevat onder meer vragen over gezondheid en vitaliteit (gedeelten uit RAND 36)⁴⁷, depressiviteit (verkorte CES-D)²⁹, medicijngebruik en gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen, slapeloosheid, slaapkwaliteit, slaapverstoring en wakker worden door geluid van onder meer de verkeersbron. In totaal bevat de vragenlijst 280 antwoordvariabelen. Op gestandaardiseerde wijze hebben we 18 nieuwe variabelen afgeleid, zoals ervaren gezondheid, ervaren vitaliteit, mate van depressiviteit, geluidsgevoeligheid, erge slaapverstoring. Laten we de originele variabelen, die voor deze afleidingen zijn gebruikt, buiten beschouwing, dan gaat het in totaal om 160 variabelen.

Geluidsbelastingsvariabelen

De geluidsbelastingsvariabelen die we als onafhankelijke variabelen gebruikt hebben, zijn:

<i>Lbu_sleep</i>	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting buiten tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. <i>Lbu_sleep</i> is berekend door <i>Lbuspt</i> over de zes slaapperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaapperiode;
<i>Lbi_sleep</i> :	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele geluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. <i>Lbi_sleep</i> is berekend door <i>Lbispt</i> over de zes slaapperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaapperiode;
<i>Lbi_bron_sleep</i> :	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. <i>Lbi_bron_sleep</i> is berekend door <i>Lbi_bron</i> over de zes slaapperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaapperiode;
<i>Lbi_bg_sleep</i> :	equivalente geluidniveau in de slaapkamer representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten. <i>Lbi_bg_sleep</i> is berekend

door Lbi_bgspt over de zes slaaperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperiode.

Alle geluidniveaus zijn in dB(A).

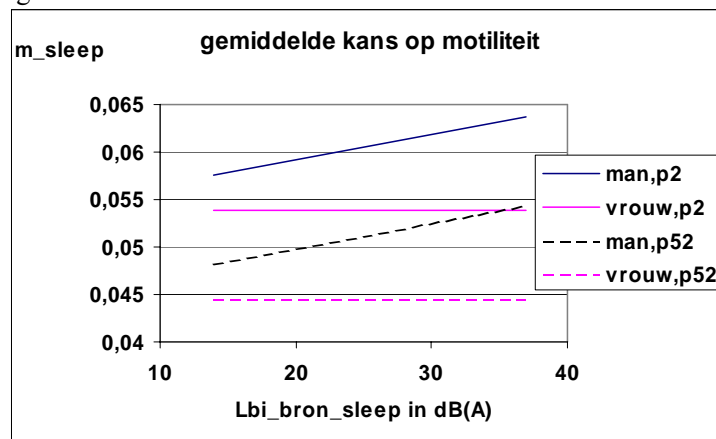
De geluidsbelastingsvariabele die we als additionele variabele gebruikt hebben, is:

$p40db$ percentage van de Lbu_1s waarden tussen 23 uur 's avonds en 7 uur 's morgens die ten hoogste 40 dB(A) zijn.

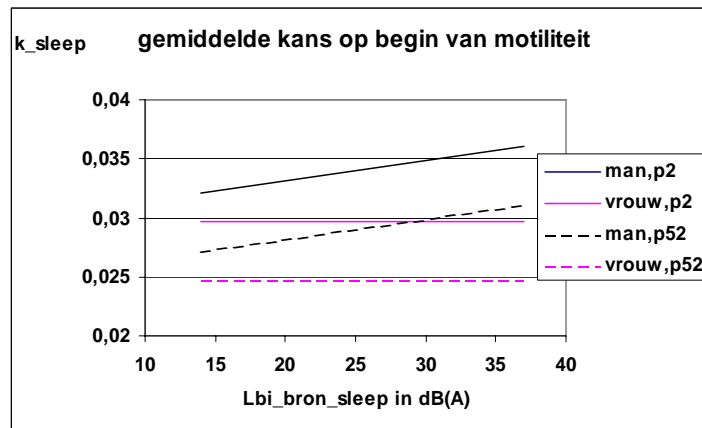
D.2 Expositie-effect relaties

D.2.1 Motiliteit

We hebben lineaire regressieanalyses uitgevoerd met m_sleep en k_sleep als afhankelijke variabelen, geslacht als dummy variabele, en de geaggregeerde geluidsparemeters Lbu_sleep , Lbi_sleep , Lbi_bron_sleep , en Lbi_bg_sleep elk als onafhankelijke variabele. m_sleep en k_sleep hebben een relatie met Lbi_bron_sleep en Lbi_sleep , en $p40db$ additionele variabele. Brontype is geen additionele variabele. Als we $p40db$ als additionele variabele invoeren en $Lbi_bron_sleep*geslacht$ (of $Lbi_sleep*geslacht$) als onafhankelijke variabele in plaats van Lbi_bron_sleep (of Lbi_sleep) en geslacht als dummy variabele worden de modellen beter (R neemt toe). De resultaten met m_sleep en k_sleep als afhankelijke variabelen en $Lbi_bron_sleep*geslacht$ als onafhankelijke variabele zijn gegeven in figuur D1 en D2. In tabel D1 zijn de statistische gegevens van de vier gevonden relaties opgenomen. De resultaten met m_sleep en k_sleep als afhankelijke variabelen en $Lbi_sleep*geslacht$ als onafhankelijke variabele zijn (over het bereik van Lbi_sleep van 29 tot 46 dB(A)) voor vrouwen identiek aan die gegeven in figuur D1 en D2, en voor mannen zijn de helling van m_sleep en die van k_sleep 65 tot 70% van die in de figuren D1 en D2.



Figuur D1 Relatie tussen m_sleep en Lbi_bron_sleep , met geslacht als effectmodificerende variabele en $p40db$ als additionele variabele.



Figuur D2 Relatie tussen k_sleep en Lbi_bron_sleep , met geslacht als effectmodificerende variabele en $p40db$ als additionele variabele.

Tabel D1 Statistische gegevens van de vier gevonden regressievergelijkingen. Vergelijking: m_sleep (of k_sleep) = constante +coëfficiënt $L_man * L_man$ + coëfficiënt $p40db * p40db$ met L gelijk aan Lbi_bron_sleep of Lbi_sleep .

afhankelijke variabele	constante, coëfficiënt van	waarde	std. error	t
m_sleep	constante	0,054	0,0023	23,6
	$Lbibr_man$	0,000265	0,0001	2,5
	$p40db$	-0,0002	0,0001	-2,5
k_sleep	constante	0,030	0,0012	25,8
	$Lbibr_man$	0,00017	0,00001	3,2
	$p40db$	-9,9E-05	3,81E-05	-2,6
m_sleep	constante	0,054	0,0023	23,8
	Lbi_man	0,000172	7,3E-05	2,4
	$p40db$	-0,0002	7,6E-05	-2,6
k_sleep	constante	0,030	0,0012	26,0
	Lbi_man	0,00011	3,7E-05	3,0
	$p40db$	-0,00011	3,8E-05	-2,8

D.2.2 Zelf-geregistreerd ontwaken

We hebben geen significante relaties tussen zelf-geregistreerd ontwaken en Lbu_sleep , Lbi_sleep , Lbi_bron_sleep , of Lbi_bg_sleep kunnen vaststellen. Ook is er geen verband tussen zelf-geregistreerd ontwaken en $p40db$.

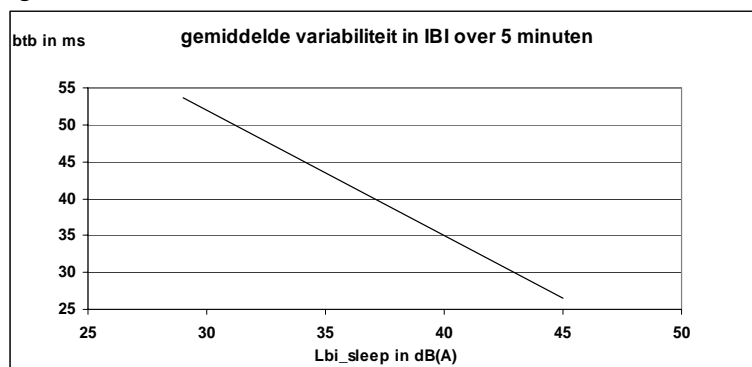
D.2.3 Hartslagvariabelen

We hebben de relaties van h_sleep , IBI_sleep , en btb_sleep met de geaggregeerde geluidsparemeters Lbu_sleep , Lbi_sleep , Lbi_bron_sleep , of Lbi_bg_sleep onderzocht, met geslacht als dummy variabele. We zijn daarbij uitgegaan van de hypothesen dat als de geluidsvariabele toeneemt, h_sleep toeneemt en IBI_sleep en btb_sleep afnemen. Er is één relatie: die van btb_sleep met Lbi_sleep ; geslacht is geen statistisch significante dummy variabele (zie figuur D3). (Het verband van h_sleep en Lbi_sleep heeft een regressievergelijking van $h_sleep = 54,6 + 0,456 * Lbi_sleep - 8,14 * \text{dummy variabele}$

geslacht (man=1) met een coëfficiënt van *Lbi_sleep* met een significantieniveau 0,082. Dit betreft dus geen statistisch significante relatie.

Ook hebben we nagegaan of de variabele *Lbi_bron_sleep*geslacht* in plaats van *Lbi_bron_sleep* statistisch significante relaties opleveren. Dit is het geval voor *IBI_sleep*, maar de regressiecoëfficiënt van *Lbi_bron_sleep*geslacht* is positief en tegengesteld aan de hypothese.

Ook het toevoegen van *p40db* of het alleen invoeren van *p40db* levert geen statistisch significante relaties.



Figuur D3 De relatie tussen de variabiliteit in IBI over zes slaaperiodes en *Lbi_sleep*. Vergelijking: $btb_sleep = 103 - 1,70 * Lbi_sleep$. Geslacht is geen additionele variabele (correlatiecoëfficiënt = -0,43).

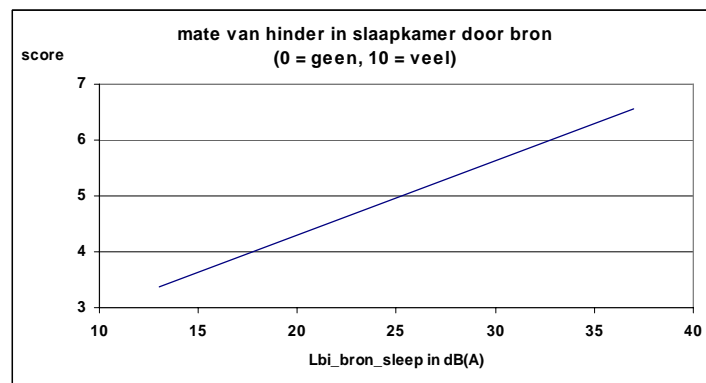
D.2.4 Effectvariabelen afgeleid uit de vragenlijst

Allereerst hebben we de correlatie onderzocht tussen variabelen uit de vragenlijst en de geaggregeerde geluidsbelastingen. Een statistisch significante correlatie met het verwachte teken bestaat er met negen effectvariabelen. Al deze variabelen hebben een relatie met *Lbi_bron_sleep*. De correlatie van een effectvariabele met *Lbi_bg_sleep* is steeds lager dan die met *Lbi_bron_sleep*. Daarom geven we in tabel D2 alleen de correlatiecoëfficiënten voor *Lbi_bron_sleep*. Voor de negen effectvariabelen is de expositie-effectrelatie met *Lbi_bron_sleep* bepaald. De variabelen geslacht, leeftijd en *p40db* bleken geen additionele variabelen te zijn. In de figuren D4 tot en met D6 hebben we drie voorbeelden gegeven.

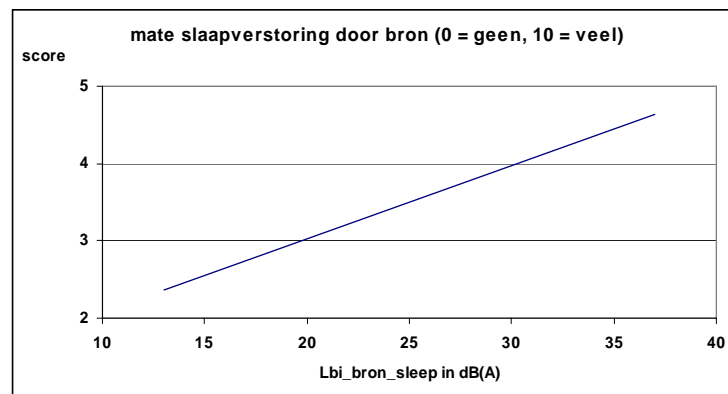
We hebben ook nagegaan of *p40db* als onafhankelijke variabele statistisch significante relaties heeft met de effectvariabelen. Dat bleek het geval voor 'hinder door geluidbron in de slaapkamer' (correlatiecoëfficiënt -0,14). Als *p40db* toeneemt van 2 tot 52, neemt de hinderscore af met 1,2 (op een 11-puntsschaal). Er is dus sprake van een zwak verband.

Tabel D2 Correlatiecoëfficiënten van effectvariabelen uit de vragenlijst en *Lbi_bron_sleep*. Tevens de gegevens over de lineaire regressievergelijking:
 effectvariabele = constante + 'regressiecoëfficiënt *Lbi_bron_sleep*' * *Lbi_bron_sleep*.

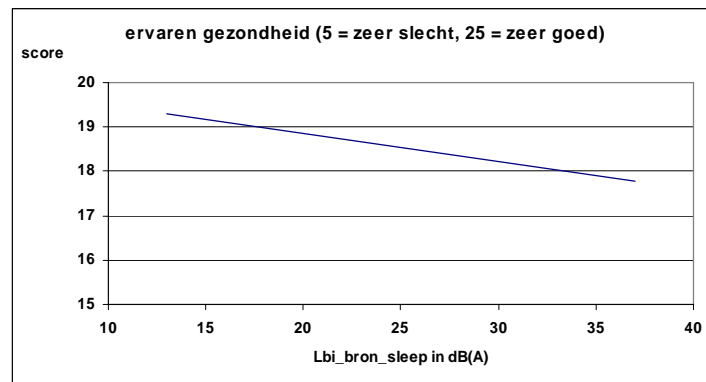
variabele	correlatiecoëfficiënt met <i>Lbi_bron_sleep</i>	constante	regressiecoëfficiënt <i>Lbi_bron_sleep</i>
mate van hinder door bron in huis	0,18	3,29	0,079
mate van hinder door bron in slaapkamer	0,29	1,64	0,133
erger geluidhinder door bron in slaapkamer	0,17	-0,025	0,011
ontevredenheid over brongeluid	-0,15	0,124	-0,001
frequentie slaapverstoring door bron	-0,18	4,44	-0,040
mate van slaapverstoring door bron	0,21	1,13	0,095
frequentie wakker door bron	-0,15	4,16	-0,029
slaapkwaliteit	-0,12	7,53	-0,38
ervaren gezondheid	-0,14	20,14	-0,64



Figuur D4 De relatie tussen hinder door de geluidbron in de slaapkamer en *Lbi_bron_sleep*.



Figuur D5 De relatie tussen slaapverstoring door de geluidbron in de slaapkamer en *Lbi_bron_sleep*.



Figuur D6 De relatie tussen ervaren gezondheid en Lbi_bron_sleep.

D.3 Associaties en onderlinge relaties effectvariabelen

D.3.1 Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met variabelen uit de vragenlijst

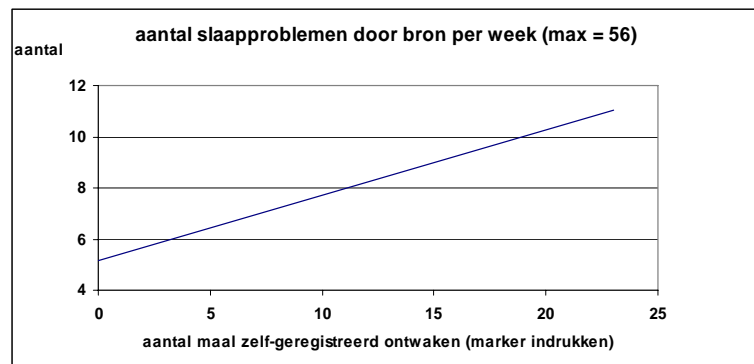
Allereerst hebben we de correlatie tussen motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken enerzijds en variabelen uit de vragenlijst anderzijds bepaald. De statistisch significante coëfficiënten (eenzijdig getoetst, waarbij we als hypothese nemen dat bij toename van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken de andere effectvariabele minder positief of meer negatief wordt). De statistisch significante correlatiecoëfficiënten zijn in tabel D3 opgenomen. Vervolgens zijn de relaties bepaald, met eventueel geslacht als additionele variabele.

Tabel D3 Statistisch significante correlatiecoëfficiënten van aantal maal en gemiddelde kans in een 15-s interval van zelf-geregistreerd ontwaken, motiliteit, en begin van motiliteit in zes nachten met variabelen uit de vragenlijst.

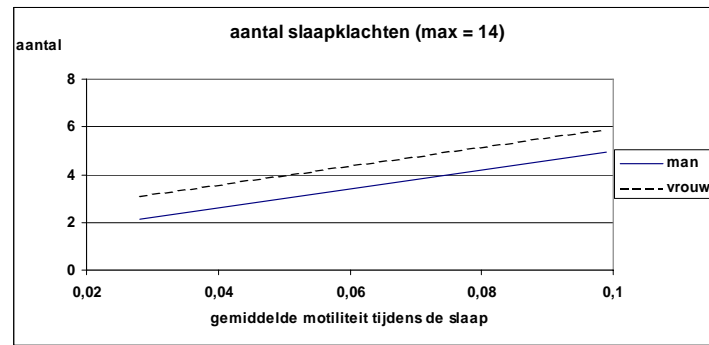
variabele	aantal maal per slaaperiode			gemiddelde kans in 15-s interval		
	zelf-geregistreerd ontwaken	motiliteit	begin motiliteit	zelf-geregistreerd ontwaken	motiliteit	begin motiliteit
ergernis aan geluid in dagelijkse omgeving	0,14			0,14		
ontevredenheid met geluid van bron in/bij woning	-0,20					
slaapkwaliteit	-0,20			-0,20		
slapeloosheidsklachten	0,15			0,15		
slapeloos binair	0,13	0,18	0,19	0,13	0,19	0,19
ervaren gezondheid		-0,23	-0,15		-0,21	-0,13
ervaren vitaliteit		-0,17			-0,17	
mate van depressiviteit			0,17		0,17	0,16
aantal algemene slaapklachten	0,21	0,20		0,21	0,20	
aantal slaapproblemen door bron per week	0,17			0,17		
geluidsgevoeligheid	0,21	0,11		0,22	0,12	

som aantal maal horen van andere geluidbronnen in de slaapkamer	0,22			0,22		
som aantal maal wakker door andere geluidbronnen	0,30			0,31		
slaapkwaliteit uit logboek	-0,24	-0,13		-0,24	-0,14	
hinder bron thuis	0,14			0,15	-0,04	
hinder bron in slaapkamer	0,10					
slaapverstoring door bron	-0,23			-0,23		
mate slaapverstoring door bron	0,23			0,24		
wakker door bron	-0,19			-0,19		

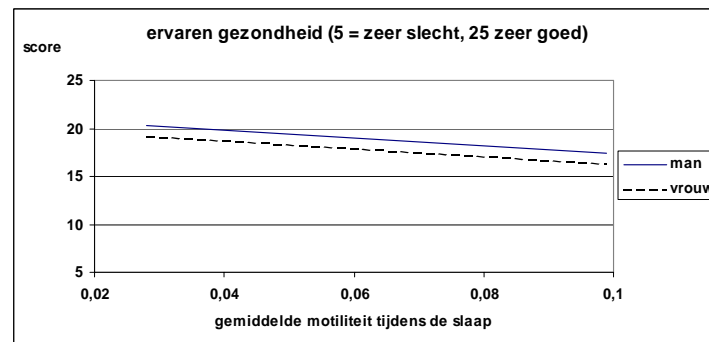
In de figuren D7, D8, en D9 zijn een drietal verbanden in figuren verwerkt. Er is over het algemeen sprake van een associatie, omdat oorzaak en gevolg over het algemeen niet goed te scheiden zijn. De afhankelijke en onafhankelijke variabelen in de figuren zouden in die gevallen verwisseld kunnen worden (dat geeft dan wel andere vergelijkingen en andere figuren). In een aantal gevallen is het plausibel wat oorzaak en wat gevolg is. Dat is volgens ons het geval voor het aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken en aantal slaapklachten uit figuur D7. Het ligt in de verwachting dat naarmate men vaker wakker is, het aantal slaapklachten toeneemt, en niet dat slaapklachten tot gevolg heeft dat men vaker wakker is.



Figuur D7 Het verband tussen aantal slaapklachten door bron per week en aantal maal zelf-geregistreerd ontwaken in zes nachten.



Figuur D8 Associatie tussen aantal slaapklachten en motiliteit gedurende de slaaperiodes (m_{sleep}).



Figuur D9 Associatie tussen ervaren gezondheid en motiliteit gedurende de slaaperiodes (m_{sleep}).

D.3.2

Associaties van hartslagvariabelen met variabelen uit de vragenlijst

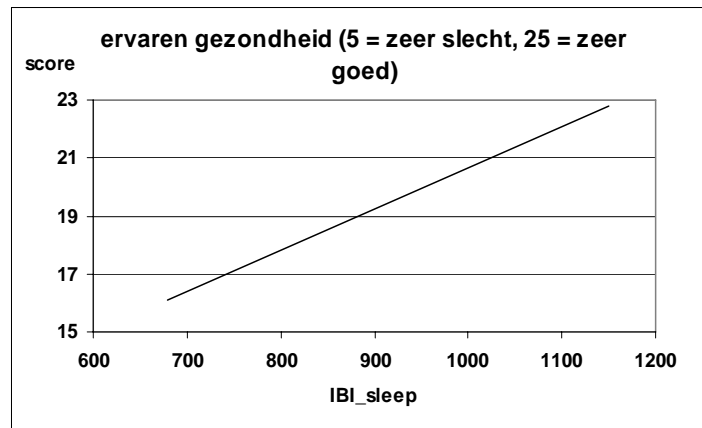
Allereerst hebben we de correlatie onderzocht tussen de drie variabelen van de hartslag (IBI_{sleep} , h_{sleep} , btb_{sleep}) en de variabelen uit de vragenlijst^a. De statistisch significante correlatiecoëfficiënten met het volgens de hypothesen juiste teken zijn in tabel D4 opgenomen. Voorbeelden zijn in de figuren D10 en D11 gegeven.

Tabel D4 De statistisch significante correlatiecoëfficiënten van het verband tussen hartslagvariabelen en variabelen uit de vragenlijst.

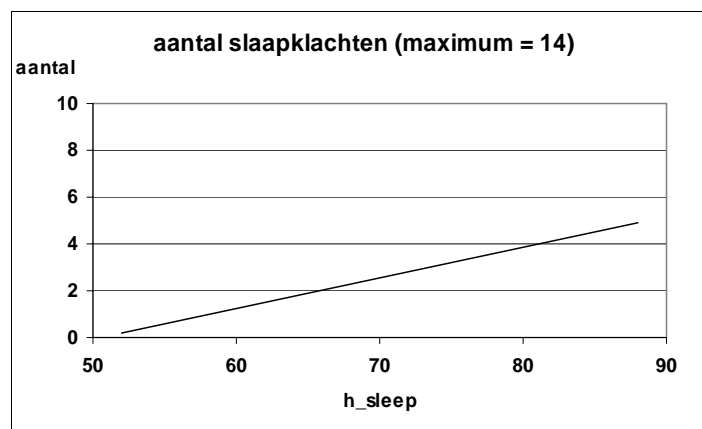
variabele	IBI_{sleep}	h_{sleep}	btb_{sleep}
aantal algemene slaapklachten	-0,39	0,48	
ervaren gezondheid	0,40	-0,45	0,44
ervaren vitaliteit	0,46	-0,54	
slapeloosheidsklachten	-0,33	0,36	
slaapkwaliteit	0,42	-0,47	0,41
hoogst afgeronde opleiding ^b	0,48	-0,45	0,42

^a Inclusief BMI en gedichotomiseerde BMI.

^b Als uit de hoogst afgeronde opleiding de sociaal economische status (SES) wordt afgeleid en gecorreleerd met de hartslagparameters, dan zijn de correlatiecoëfficiënten lager dan bij de correlatie met de hoogst afgeronde opleiding. De correlatiecoëfficiënten van SES met IBI_{sleep} , h_{sleep} , en btb_{sleep} zijn respectievelijk 0,41, -0,39, 0,40.



Figuur D10 Associatie tussen ervaren gezondheid en IBI_sleep gedurende de slaaperiodes.



Figuur D11 Associatie tussen aantal slaapklasten en hartslag (h_sleep) gedurende de slaaperiodes.

Uit een vergelijking van figuur D9 en D10 blijkt dat de associatie van ervaren gezondheid met IBI_sleep veel sterker is dan met m_sleep. Bij verandering van IBI (van de 5% tot 95% waarde) neemt de score van ervaren gezondheid met bijna 7 (op een 21-puntsschaal) toe, en bij verandering van motiliteit slechts met 2 af. De correlatiecoëfficiënten in tabel D4 zijn ook veel hoger dan die in tabel D3.

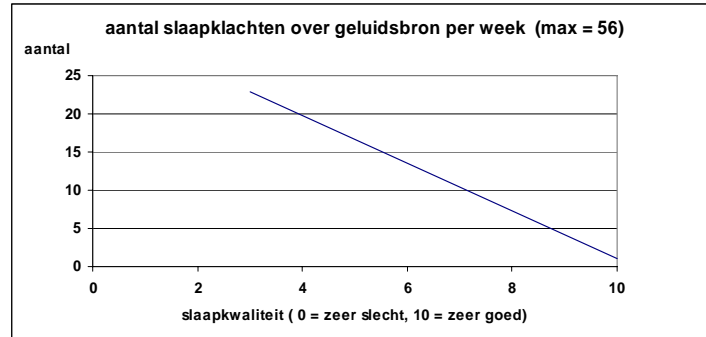
D.3.3 *Associaties van motiliteit en zelf-geregistreerd ontwaken met hartslagvariabelen*
We hebben geen significante correlaties vastgesteld.

D.3.4 *Associaties tussen variabelen die betrekking hebben op tevredenheid, hinder en slaapverstoring (deel 1 van de vragenlijst)*

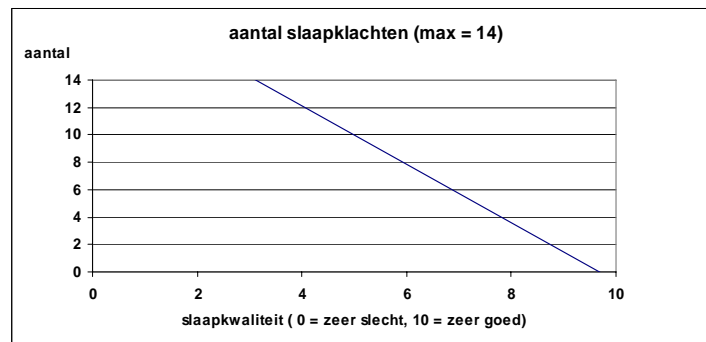
In tabel D5 (de tabellen D5 tot en met D8 zijn wegens hun lengte aan het eind van deze bijlage op aparte pagina's opgenomen) zijn de significante correlatiecoëfficiënten van 15 variabelen opgenomen met de tekens van de correlatiecoëfficiënten volgens de hypothesen. De omschrijving van de variabelen is aan het eind van de tabel gegeven. Tevens is in de tabel opgenomen of een variabele meer negatief/onprettig/onwenselijk wordt als de waarde van de variabele toeneemt. Dit is in de laatste kolom met een + of – aangegeven. De correlatie tussen twee variabelen is in de verwachte richting als het teken van de correlatiecoëfficiënt gelijk is aan het teken van het product van de tekens van beide variabelen in de laatste kolom.

D.3.5 Associaties tussen gezondheidsvariabelen (deel 2 tot en met 4 uit de vragenlijst)

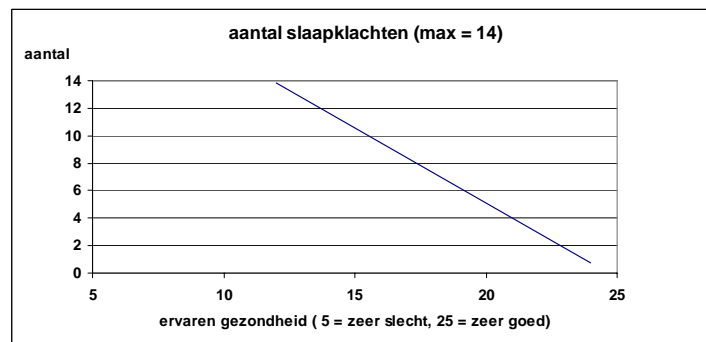
In tabel D6 zijn de significante correlatiecoëfficiënten voor 14 variabelen opgenomen. De omschrijving van de variabelen is aan het eind van de tabel gegeven. Een aantal voorbeelden van associaties is in de figuren D12 tot en met D15 gegeven.



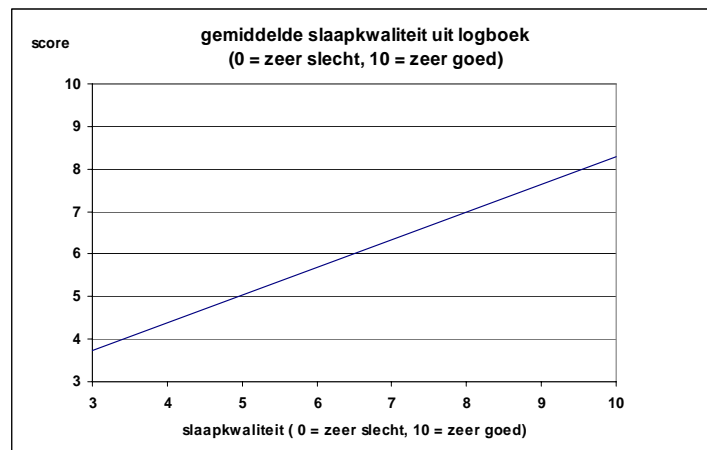
Figuur D12 Associatie tussen aantal slaapklachten over geluidbron en slaapkwaliiteit.



Figuur D13 Associatie tussen aantal slaapklachten en slaapkwaliiteit.



Figuur D14 Associatie tussen aantal slaapklachten en ervaren gezondheid.



Figuur D15 Associatie tussen gemiddelde slaapkwaliteit uit logboek en slaapkwaliteit uit vragenlijst.

D.3.6 *Associaties van variabelen van hinder met variabelen van gezondheid*

In tabel D7 zijn de significante correlatiecoëfficiënten van 15 variabelen uit het eerste deel van de vragenlijst met 9 gezondheidskenmerken gegeven. De omschrijving van de variabelen is aan het eind van de tabel opgenomen.

D.3.7 *Associaties van BMI en gedichotomiseerde BMI van hartslagdeelnemers met variabelen uit de vragenlijst*

We hebben nagegaan of BMI en gedichotomiseerde BMI met afkappunt BMI=26,4 (BMI_bin) met andere effectvariabelen samenhangen. Op basis van de gegevens van de 36 deelnemers aan het hartslagonderzoek blijkt er geen samenhang met SES3, SES4, bron, en geslacht. Leeftijd en BMI en leeftijd en BMI_bin hangen wel samen. ($BMI = 21 + 0,1 * lft$ met lft in jaren en $\text{logit } BMI_bin = -3,43 + 0,061 * lft$).

D.3.8 *Associaties van medicijn- en slaapmiddelengebruik met variabelen uit de vragenlijst*

In tabel D8 zijn de significante correlatiecoëfficiënten opgenomen van drie variabelen die betrekking hebben op medicijn- en slaapmiddelengebruik met andere variabelen uit de vragenlijst.

Tabel D5 Correlatiecoëfficiënten van correlaties tussen variabelen uit deel 1 van de vragenlijst.

num mer	nummer variabele														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		0,57	-	-				0,20	0,19	0,25	0,19	0,36	-	0,16	-
2	0,57		-	-			0,29	0,30	0,37	0,36	0,17	0,37	-	0,31	-
3	-	-		-	-	-	0,35	0,31	0,38	0,38		-	-	0,38	0,24
4	-	-	0,51				0,19		-	-			-	0,23	0,13
5			-			0,54		0,17	0,15	0,14		0,24	-	0,19	-
6			0,34		0,54		0,25	0,39	0,33	0,38	0,36	0,70	-	0,48	-
7		-	0,35	0,19		-		-	-	-		-	-	0,52	0,33
8	0,20	0,30	-		0,17	0,39	0,44		0,50	0,47		0,58	-	0,49	-
9	0,19	0,37	-	-	0,15	0,33	0,73	0,50		0,80		0,46	-	0,61	-
10	0,25	0,36	-	-	0,14	0,38	0,58	0,47	0,80			0,39	-	0,64	-
11	0,19	0,17				0,36						0,29	-	0,13	
12	0,36	0,37	-		0,24	0,70	0,30	0,58	0,46	0,39	0,29		-	0,39	
13	-	-			-	-	-	-	-	-		-	-	-	0,85
14	0,16	0,28	0,29	0,16	0,21	0,41	0,41	0,37	0,42	0,48		0,25	-	0,77	-
15	-	-		-	-	-	-	-	-	-			-	-	-
	0,18	0,23	0,24	0,13	0,17	0,31	0,33	0,34	0,35	0,43			0,85	0,66	
nummer varia- bele	omschrijving variabele											meer negatief als variabele			
1	tevreden over huis											toeneemt		+	
2	tevreden over woonomgeving											toeneemt		+	
3	tevreden isolatie geluiden van buiten											afneemt		-	
4	tevreden isolatie geluiden van burens											afneemt		-	
5	situatie kenmerken als wonen langs route voor gevaarlijke stoffen											toeneemt		+	
6	bezorgd door wonen langs route voor gevaarlijke stoffen											toeneemt		+	
7	ontevredenheid met geluid bron in/bij woning											afneemt		-	
8	bezorgdheid voor gezondheid om geluid van bron											toeneemt		+	
9	hinder bron thuis											toeneemt		+	
10	hinder bron in slaapkamer											toeneemt		+	
11	situatie kenmerken als wonen bij bron											toeneemt		+	

12	bezorgd over wonen bij bron	toeneemt	+
13	slaapverstoring door bron	afneemt	-
14	mate slaapverstoring door bron	toeneemt	+
15	wakker door bron	afneemt	-

Tabel D6 Correlatiecoëfficiënten van correlaties tussen variabelen uit deel 2 tot en met 4 van de vragenlijst.

num mer	nummer variabele														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1		-	-	0,51	0,47	-	-	-	-				-	0,67	
2	0,36		0,50	0,29	0,37	0,37	0,50	0,27	0,28				0,54	-	
3	0,26	0,50		0,24	0,25	0,34	0,32	0,26	0,24				0,30	-	
4	0,51	0,29	0,24		0,63	0,54	0,56	0,32	0,34				0,50	0,47	
5	0,47	0,37	0,25	0,63		0,64	0,54	0,26	0,24				0,46	0,37	
6	0,46	0,37	0,34	0,54	0,64		0,51	0,33	0,28			0,14	0,47	0,37	
7	0,77	0,50	0,32	0,56	0,54	0,51		0,39	0,37				0,97	0,60	
8	0,38	0,27	0,26	0,32	0,26	0,33	0,39		0,25				0,39	0,34	
9	0,42	0,28	0,24	0,34	0,24	0,28	0,37	0,25			0,16	0,14	0,39	-	
10											0,27				
11								0,16	0,27			0,13			
12						0,14		0,14			0,13				
13	0,74	0,54	0,30	0,50	0,46	0,47	0,97	0,39	0,39					-	
14	0,67	0,31	0,15	0,47	0,37	0,37	0,60	0,34	0,38				0,57		
nummer variabele	omschrijving variabele							meer negatief als variabele							
1	slaapkwaliteit							afneemt							-
2	aantal klachten over slapeloosheid							toeneemt							+
3	slapeloosheid							toeneemt							+
4	ervaren gezondheid							afneemt							-
5	ervaren vitaliteit							afneemt							-
6	mate van depressiviteit							toeneemt							+
7	aantal slaapproblemen, slsom14							toeneemt							+
8	frequentie slaapproblemen door bron							toeneemt							+
9	geluidsgevoeligheid							toeneemt							+
10	UCL actief														
11	UCL steun zoeken														
12	UCL afwachtend														
13	aantal slaapproblemen, slsom10							toeneemt							+
14	gemiddelde slaapkwaliteit uit logboek							afneemt							-

Tabel D7 Significante correlatiecoëfficiënten van 15 variabelen uit het eerste deel van de vragenlijst met 9 gezondheidskenmerken.

nummer	nummer gezondheidskenmerk									
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	-0,26			-0,36	-0,21	0,17	0,26	0,15	0,17	-0,27
2	-0,33	0,15		-0,37	-0,33	0,23	0,28	0,22	0,33	-0,36
3	0,22			0,30	0,20	-0,17	-0,19	-0,24	-0,23	0,26
4	0,20			0,17	0,18		-0,15	-0,16	-0,31	0,20
5							0,14	0,12	0,14	
6				-0,34		0,26		0,28	0,26	
7	0,32			0,14	0,19	-0,15	-0,20	-0,32	-0,31	0,38
8	-0,27	0,16	0,15	-0,26	-0,18	0,24	0,20	0,26	0,32	-0,33
9	-0,35			-0,20	-0,22	0,20	0,23	0,30	0,40	-0,34
10	-0,38	0,19		-0,28	-0,24	0,26	0,30	0,34	0,43	-0,43
11	-0,15			-0,23	-0,25	0,16	0,20			
12	-0,33			-0,32	-0,21	0,22	0,25	0,16	0,22	-0,25
13	0,37	-0,23	-0,18	0,26	0,20	-0,28	-0,40	-0,52	-0,41	0,38
14	-0,46	0,23	0,19	-0,29	-0,27	0,24	0,39	0,52	0,38	-0,45
15	0,36	-0,22	-0,19	0,22	0,16	-0,24	-0,37	-0,45	-0,36	0,35
nummer variabele in rijen	omschrijving variabele							meer negatief als variabele		
1	tevreden over huis							toeneemt		+
2	tevreden over woonomgeving							toeneemt		+
3	tevreden isolatie geluiden van buiten							afneemt		-
4	tevreden isolatie geluiden van burens							afneemt		-
5	situatie kenmerken als wonen langs route voor gevaarlijke stoffen							toeneemt		+
6	bezorgd door wonen langs route voor gevaarlijke stoffen							toeneemt		+
7	ontevredenheid met geluid bron in/bij woning							afneemt		-
8	bezorgdheid voor gezondheid om geluid van bron							toeneemt		+
9	hinder bron thuis							toeneemt		+
10	hinder bron in slaapkamer							toeneemt		+
11	situatie kenmerken als wonen bij bron							toeneemt		+
12	bezorgd over wonen bij bron							toeneemt		+
13	slaapverstoring door bron							afneemt		-
14	mate slaapverstoring door bron							toeneemt		+
15	wakker door bron							afneemt		-

Voor vervolg tabel D7, zie volgende pagina			
Vervolg tabel D7			
nummer variabele in kolommen			
16	slaapkwaliteit	afneemt	-
17	aantal klachten over slapeloosheid	toeneemt	+
18	slapeloosheid	toeneemt	+
19	ervaren gezondheid	afneemt	-
20	ervaren vitaliteit	afneemt	-
21	mate van depressiviteit	toeneemt	+
22	aantal slaapproblemen, slsom14	toeneemt	+
23	frequentie slaapproblemen door bron	toeneemt	+
24	geluidsgevoeligheid	toeneemt	+
25	slaapkwaliteit uit logboek	afneemt	-

Tabel D8 Significante correlatiecoëfficiënten van al dan niet gebruiken van medicijnen/slaapmiddelen met invloed op de slaap en andere variabelen uit de vragenlijst.

variabele	gebruik medicijn met werking op slaap	gebruik slaapmiddel met werking op slaap	gebruik slaapmiddel of medicijn met werking op slaap
leeftijd		0,22	0,24
hoogste afgeronde opleiding	-0,12		-0,15
mate lawaai op het werk waardoor gesprek onmogelijk		0,13	0,14
ergernis aan geluid in dagelijkse omgeving		0,18	0,19
vaker willen ventileren		-0,20	-0,23
som geluidwerende voorzieningen			0,14
slaapkwaliteit		-0,24	-0,24
slapeloosheidsklachten		0,18	0,15
slapeloosheid		0,28	0,15
ervaren gezondheid		-0,18	-0,22
ervaren vitaliteit		-0,23	-0,21
mate van depressiviteit		0,23	0,21
aantal slaapklachten, slsom14		0,29	0,33
frequentie slaapproblemen door bron		0,13	0,16
geluidsgevoeligheid		0,14	0,23
aantal slaapklachten, slsom10		0,29	0,32
gemiddelde slaapkwaliteit uit logboek		-0,17	-0,16
hinder bron thuis			0,12
hinder bron in slaapkamer		0,19	0,20
situatie kenmerken als wonen bij bron		0,15	
slaapverstoring door bron		-0,24	-0,27
mate slaapverstoring door bron		0,21	0,21
wakker door bron		-0,24	-0,26

E Vergelijking gegevens motiliteit uit drie onderzoeken

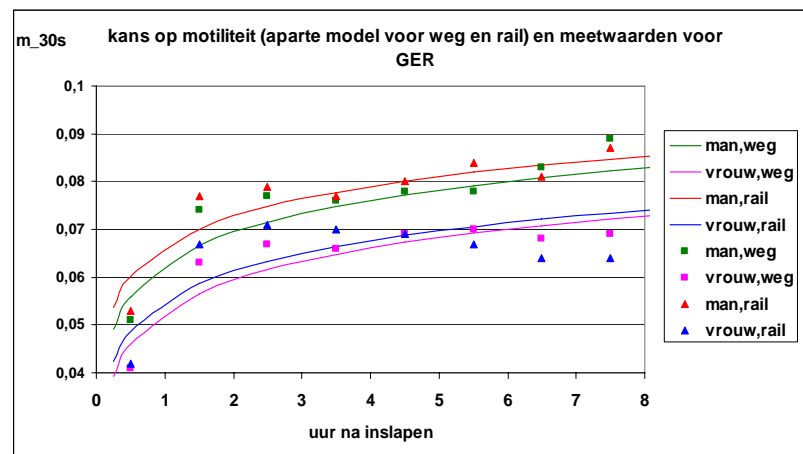
E.1 Inleiding

In het voorgaande zijn reeds, ten behoeve van een aantal analyses van motiliteit, gegevens uit het GES-slaaponderzoek toegevoegd aan die van het huidige onderzoek. Daar voegen we in deze bijlage een derde onderzoek aan toe: het Duitse onderzoek naar slaapverstoring door weg- en railverkeersgeluid^{22,41}. Over het Duitse onderzoek (aangegeven met GER-onderzoek) hebben de Duitse onderzoekers ons gegevens verstrekt, ook die over motiliteit, waarbij motiliteit is bepaald in 30-s intervallen. Daarom is uit de gegevens van het huidige onderzoek en die van de referentie-locaties uit het GES-onderzoek, waarin in beide onderzoeken motiliteit in 15-s intervallen is gemeten, de motiliteit in 30-s intervallen berekend.

E.2 Motiliteit in de loop van de nacht

E.2.1 Gegevens uit GER-onderzoek

In de onderstaande figuur hebben we de motiliteit als functie van het tijdstip na inslapen gegeven. Er is een verschil tussen mannen en vrouwen en een verschil tussen weg- en railverkeerslocaties waarbij het verschil tussen mannen en vrouwen veel groter is dan tussen weg- en railverkeerslocaties.

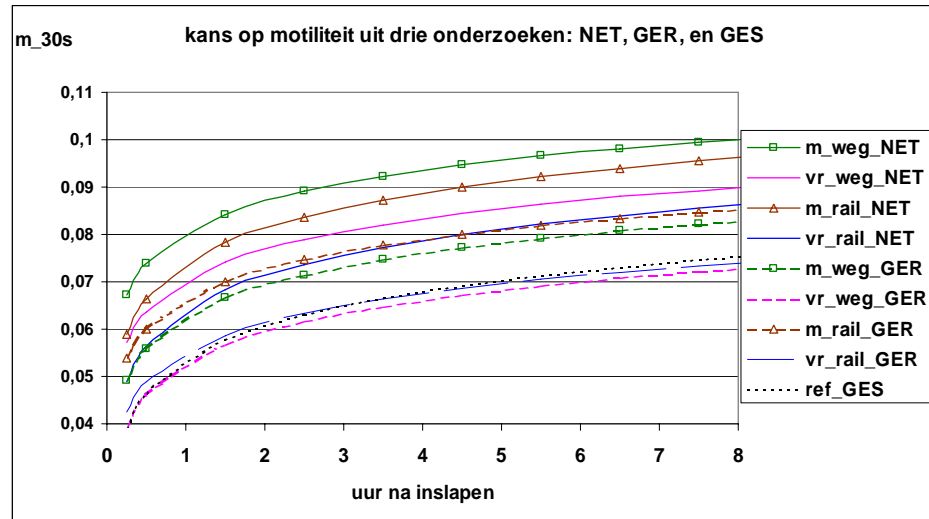


Figuur E1 Kans op motiliteit (in 30-s intervallen) als functie van de tijd na inslapen voor het Duitse weg- en railverkeersonderzoek (GER): getrokken curven zijn regressielijnen en punten zijn waargenomen gemiddelden.

In figuur E2 is het resultaat uit de drie onderzoeken (huidig onderzoek NET, GES-onderzoek, GER-onderzoek) vergeleken. Er zijn vijf aparte modellen opgesteld: voor wegverkeer in het huidige onderzoek, voor railverkeer in het huidige onderzoek, voor wegverkeer in het GER-onderzoek, voor railverkeer in het GER-onderzoek en voor de referentie-locaties uit het GES-onderzoek. In tabel E1 zijn de coëfficiënten van de regressievergelijking van m_{30s} als functie van $\log(t)$ opgenomen.

Tabel E1 Coëfficiënten in $m_{30s} = c + a \cdot \log(t) + b \cdot \text{geslacht}$. Tijd t in uren. Geslacht: man = 1, vrouw = 0.

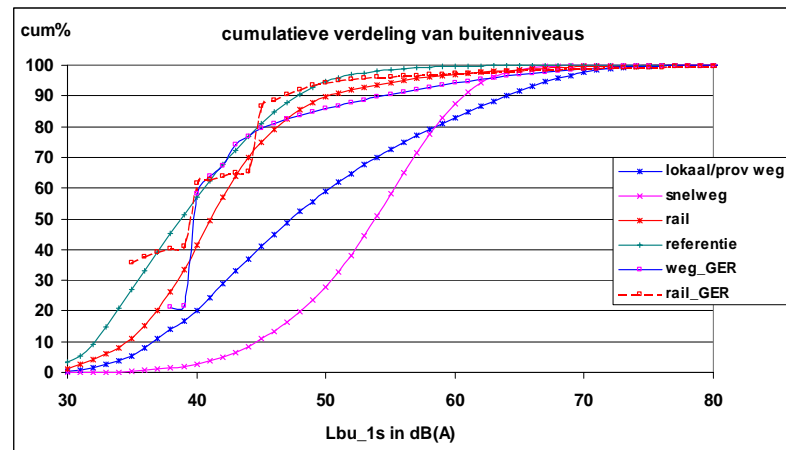
coëfficiënt	weg NET	rail NET	weg GER	rail GER	ref GES
c	0,0702	0,0639	0,0527	0,0551	0,0528
a	0,0218	0,0247	0,0223	0,0209	0,0036
b	0,0102	0,0100	0,0099	0,0114	



Figuur E2 Voorspelde kans op motiliteit (in 30-s intervallen) als functie van de tijd na inslapen voor het Duitse weg- en railverkeersonderzoek (GER), het huidige onderzoek (NET) en voor de referentie-locaties uit het GES-onderzoek (GES).

De curve voor de referentie-locaties (er is geen verschil in motiliteit tussen mannen en vrouwen) en voor vrouwen (weg- en railverkeer) uit het Duitse onderzoek vallen bijna samen. De coëfficiënten van de dummy variabele voor geslacht (b) zijn in de vier modellen voor weg- en railverkeer vrijwel identiek.

In het voorgaande hebben we aangegeven dat motiliteit over een slaaperperiode bij vrouwen bepaald wordt door $p40db$, en motiliteit bij mannen door $Lbi_{bronspt}$ en $p40db$. Daarom hebben we ook voor het Duitse onderzoek de cumulatieve verdeling van Lbu_{1s} , en daaruit $p40db$, bepaald. De cumulatieve verdelingen voor weg- en railverkeersgeluid zijn in figuur E3 vergeleken met die voor het huidige onderzoek en de referentie-locaties van het GES-onderzoek.



Figuur E3 Cumulatieve verdelingen van Lbu_{1s} uit het huidige onderzoek, het GES-onderzoek en het Duitse onderzoek (aangegeven met GER).

We hebben met betrekking tot de Duitse gegevens geen onderscheid gemaakt tussen snelwegverkeer en lokaal/provinciaal verkeer. In het Duitse onderzoek is de laagste gerapporteerde meetwaarde op de raillocaties 35 dB(A) en op de weglocaties 38 dB(A). De stapsgewijze toename van de cumulatieve verdelingen bij 39 tot 40 dB(A) voor beide bronnen en ook bij 44 tot 45 dB(A) voor railverkeer suggereert dat er op een aantal locaties pas vanaf 40 en 45 dB(A) is gemeten. Bij meting vanaf lagere niveaus dan 40 en 45 dB(A) zou de cumulatieve verdeling bij de lagere waarden waarschijnlijk nog hoger liggen. In de figuur staan de cumulatieve verdelingen voor de nachtperiode van 23 tot 7 uur. We hebben ook de cumulatieve verdelingen voor 22 tot 6 uur bepaald, omdat in Duitse regelgeving over nachtelijk geluid de nacht in Duitsland van 22 tot 6 uur genomen wordt. Deze cumulatieve verdelingen zijn vrijwel identiek aan de in de figuur gegeven verdelingen. In het Duitse onderzoek is $p40db$ voor wegverkeerslocaties 58% en voor railverkeerslocaties 61,5%. (Voor de referentie-locaties uit het GES-onderzoek hebben we 57% gevonden). De lage waarden van $p40db$ van de Duitse weg- en railverkeerslocaties verklaart geheel het samenvallen van de motiliteit bij vrouwen uit het Duitse onderzoek met die bij vrouwen op de referentie-locaties. Het verklaart ook dat de motiliteit bij vrouwen en mannen uit het huidige onderzoek hoger ligt dan die bij de mannen en vrouwen uit het Duitse onderzoek.

Uit tabel E1 hebben we afgeleid dat voor 4 uur na inslapen het verschil tussen motiliteit van de Nederlandse en Duitse deelnemers en deelnemsters op de weglocaties ongeveer 0,017 en op de raillocaties ongeveer 0,010 is. Berekening van het verschil dat door $p40db$ wordt veroorzaakt (zie tabel E2) levert voor weglocaties ongeveer 0,018 en voor raillocaties 0,008. Die schatting hebben we als volgt gemaakt. De coëfficiënt van $p40db$ in de regressievergelijking van mspt als functie van $Lbibr_{man}$ en $p40db$, die berust op waarnemingen van motiliteit in 15-s intervallen, is $-0,00025$ (zie het eind van tabel C1). De gegevens in deze bijlage betreffen motiliteit in 30-s intervallen. Uit de gegevens van het huidige onderzoek blijkt dat de gemiddelde motiliteit in 30-s intervallen gelijk is aan 0,0837 (aantal waarnemingen 1,385 miljoen) en de gemiddelde motiliteit in 15-s intervallen gelijk aan 0,0536 (aantal waarnemingen 2,774 miljoen). Dit is een verhouding van 1,564. Met deze factor hebben we het effect van $p40db$ op de motiliteit in 15-s intervallen vermenigvuldigd om het effect van $p40db$ op motiliteit in 30-s intervallen te schatten.

We concluderen uit de vergelijking van beide schattingen dat het in het huidige onderzoek gevonden belang van *p40db* als voorspeller van motiliteit ook terug te vinden is in ander onderzoek.

Tabel E2 Berekening van het effect op motiliteit door verschillen in *p40db* in het huidige onderzoek en het Duitse onderzoek.

bron	<i>p40db</i> NET	<i>p40db</i> GER	verschil in <i>p40db</i> tussen NET en GER	effect op motiliteit in 15-s intervallen	effect op motiliteit in 30-s intervallen
weg	13	58	-45	0,011	0,018
rail	40	61,5	-21,5	0,005	0,008

F Gegevens ten behoeve van prevalentieschattingen

F.1 Inleiding

Een van de doelstellingen van het onderzoek is informatie te verkrijgen over gegevens die gebruikt kunnen worden om een schatting te maken van prevalenties van aspecten van slaapverstoring in Nederland. Het eventueel uitvoeren van de prevalentieschattingen vormt geen onderdeel van het huidige onderzoek. Of en zo ja, eventueel met welke modificaties, de gegevens zich lenen voor het schatten van prevalenties op landelijke schaal is ter beoordeling van de instantie die deze schattingen wil maken.

Voor het schatten van prevalenties wordt uitgegaan van dichotome effectvariabelen. In de prevalentieschattingen die zijn gebaseerd op de resultaten van het GES-onderzoek naar slaapverstoring door vliegtuiggeluid hebben we gekozen voor elf gedichotomiseerde effectvariabelen met een relatie met geluidsbelastingsvariabelen²¹. Bij de dichotomisering is destijds voor elke variabele een afkappunt gekozen. Voor zover mogelijk zijn bij de huidige analyses dezelfde variabelen gebruikt, die we op dezelfde wijze hebben gedichotomiseerd en gerelateerd aan geluidsbelastingsvariabelen.

RIVM heeft door middel van het programma EMPARA de beschikking over de geluidsbelasting per postcode, op het niveau van zes karakters. De volgende gegevens zijn door RIVM verstrekt op basis van EMPARA over de *geluidsbelasting buiten op de gevel van de woning van elke deelnemer over het jaar 2003*^a:

<i>Lnightrail</i>	jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van railverkeersgeluid, berekend over 23 – 7 uur
<i>Lnightcumweg</i>	jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van alle wegverkeersbronnen, berekend over 23 – 7 uur
<i>Lnightrw</i>	jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van wegverkeer op rijkswegen, berekend over 23 – 7 uur.

Daaruit hebben we afgeleid:

<i>Lnightcum</i>	jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van alle bronnen van wegverkeer en van railverkeer, berekend over 23 – 7 uur ^b
<i>Lnightbron</i>	jaargemiddeld equivalent geluidniveau ten gevolge van alle wegverkeersbronnen voor wegverkeerslocaties en ten gevolge van railverkeer voor railverkeerslocaties, berekend over 23 – 7 uur.

Voordat we ingaan op de gegevens voor de prevalentieschattingen hebben we in paragraaf F.2 een vergelijking gemaakt tussen de jaargemiddelde geluidsbelastingen uit EMPARA en de meetuitkomsten uit het huidige onderzoek over zes of twaalf nachten, eveneens voor de periode van 23 tot 7 uur. De per nacht bepaalde equivalente geluidniveaus van 23 tot 7 uur zijn exponentieel gemiddeld over de zes of twaalf nachten tot *LAeq23-07(gemeten)*.

^a Begin maart 2006 waren bij RIVM nog geen meer recente gegevens beschikbaar.

^b $Lnightcum = 10 \cdot \log [(10^{**}(Lnightrail/10)) + (10^{**}(Lnightcumweg/10))]$.

F.2 Vergelijking meetresultaten huidig onderzoek en jaargemiddelde geluidsbelastingen, berekend door RIVM

F.2.1 Vergelijking buitenwaarden

Allereerst hebben we de uitkomsten van de metingen op de *buitenmeter* op een locatie over alle meetnachten vergeleken met de uitkomsten van de berekeningen door RIVM van de jaargemiddelde geluidsbelasting op de gevel van de woning waar de buitenmeter was geplaatst. Het resultaat is gegeven in tabel F.1. De vergelijking is gemaakt tussen *LAeq23-07(gemeten)* op de *buitenmeter* en *Lnightcum*, omdat zowel in de gemeten geluidniveaus als in de berekende *Lnightcum* het geluid van zowel weg- als railverkeer is verdisconteerd.

Tabel F1 Gegevens over de berekende en gemeten equivalente geluidniveaus van 23 tot 7 uur. Alle geluidniveaus in dB(A). Het verschil in de laatste kolom is *LAeq23-07(gemeten)* – *Lnightcum*.

locatie	bron	gegevens over geluidsbelasting		
		<i>LAeq23-07(gemeten)</i>	<i>Lnightcum(RIVM)</i>	verschil
40	wegverkeer	63,7	51	12,7
41	wegverkeer	59,1	62	-3,0
42	wegverkeer	55,2	56	-0,8
43	wegverkeer	59,2	56	3,2
44	wegverkeer	60,5	54	6,5
45	wegverkeer	58,4	56	2,4
46	wegverkeer	56,9	59	-2,1
47	wegverkeer	53,7	60	-6,5
50	railverkeer	56,0	58	-2,1
51	railverkeer	49,4	57	-7,7
52	railverkeer	58,2	74	-15,8
53	railverkeer	64,7	62	2,7

Gemiddeld is het verschil tussen *LAeq23-07(gemeten)* op de *buitenmeter* en *Lnightcum* voor de wegverkeerslocaties 1,5 dB(A), voor de railverkeerslocaties –4,4 dB(A) en voor alle locaties 0,8 dB(A). Zoals reeds in de hoofdttekst is aangegeven was de plaats van de buitenmeter niet gestandaardiseerd en stond deze meter soms (veel) dichterbij of verder af van de weg of het spoor dan de gevel van de woning waarvoor RIVM de jaargemiddelde geluidsbelasting heeft berekend. Ook hebben de metingen betrekking op zes nachten in het geval van de railverkeerslocaties en twaalf nachten op de wegverkeerslocaties (met uitzondering van locatie 47, waar gedurende zes nachten gemeten is). De metingen zijn dus een steekproef, een steekproef die ook in een bepaald jaargetijde (winter of voorjaar) heeft plaatsgevonden. Ook hebben de metingen in de laatste twee maanden van 2004 en de eerste vier maanden van 2005 plaatsgevonden en zijn de jaargemiddelde geluidsbelastingen over 2003 berekend. Het is dan ook te verwachten dat er verschillen zijn tussen *LAeq23-7(gemeten)* op de buitenmeter en *Lnightcum*. De verschillen zijn op locatie 40 (Bleiswijk) en locatie 52 (Tilburg) het grootst. Op locatie 40 was de buitenmeter dichterbij de weg geplaatst dan de gevel van de woning. De gegevens van DCMR over de jaargemiddelde nachtelijke geluidsbelasting op locatie 40 liggen ongeveer midden tussen *LAeq23-*

7(gemeten) op de buitenmeter en *Lnightcum*. Wat betreft de raillocaties, waaronder locatie 52, hebben we met behulp van URBIS de *gemeten* geluidsbelastingen omgerekend in emissiewaarden. Deze emissiewaarden hebben we vergeleken met de opgave in ASWIN (dat zijn ook jaargemiddelde emissiewaarden)³⁵. De verschillen tussen de emissiewaarden op de locaties 50, 51 en 53 zijn ten hoogste 3 dB(A). De voor locatie 52 met behulp van URBIS berekende emissiewaarde ligt 13 dB(A) lager dan de door ASWIN vermelde waarde. Omdat RIVM ook de gegevens uit ASWIN gebruikt voor het berekenen van de jaargemiddelde geluidsbelastingen door railverkeer komen die waarden wel geheel overeen. De vraag is waarom het verschil tussen beide uitkomsten zo groot is. Uit figuur 3.2 blijkt dat de gegevens van de buitenmeter en die van de buiten geplaatste binnenmeter op locatie 52 goed met elkaar in overeenstemming zijn. Ook een extra controle van de meetgegevens op de buitenmeter die op locatie 52 zijn verzameld, levert geen indicatie waarom het verschil tussen de door RIVM en in ASWIN gegeven geluidsniveaus zo sterk afwijken van onze meetgegevens. Wel is uit figuur 3.2 duidelijk dat het buitenbinnenverschil op locatie 52 kleiner is dan die op de andere locaties. Wellicht heeft de buitenmeter wat verder van het spoor afgestaan dan de gevels van de woningen en wellicht is het de zes dagen dat we op locatie 52 hebben gemeten rustiger geweest dan gemiddeld over het jaar.

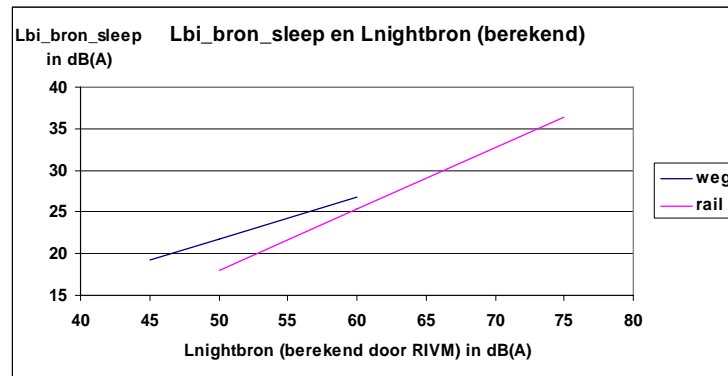
We hebben vervolgens de correlaties berekend tussen de door RIVM berekende jaargemiddelde geluidsbelasting *buiten* (*Lnightbron*, *Lnightcum*) van de woningen van de deelnemers en de in het onderzoek gemeten equivalente geluidsniveaus *buiten* gedurende de *slaapperioden* van deelnemers (*Lbu_sleep*). We hebben voor wegverkeer, voor railverkeer en voor alle woningen te samen geen statistisch significante correlatie gevonden tussen *Lnightcum* of *Lnightbron* en *Lbu_sleep*.

F.2.2 *Vergelijking jaargemiddelde buitenwaarden van RIVM en waarden op de binnenmeters*

We hebben de correlaties berekend tussen de door RIVM berekende jaargemiddelde geluidsbelasting *buiten* (*Lnightbron*, *Lnightcum*) van de woningen van de deelnemers en de in het onderzoek gemeten equivalente geluidsniveaus *binnen* door de luidere verkeerspassages gedurende de *slaapperioden* van deelnemers (*Lbi_bron_sleep*, *Lbi_bg_sleep*). De correlatiecoëfficiënten van *Lnightbron* en *Lnightcum* met *Lbi_bron_sleep* en *Lbi_bg_sleep* staan in tabel F2. De correlaties in het geval van wegverkeer zijn lager dan die voor railverkeer. Voor wegverkeer heeft *Lbi_bron_sleep* een hogere correlatie met *Lnightbron* en *Lnightcum* dan *Lbi_bg_sleep*. In figuur F1 is de relatie tussen *Lnightbron* en *Lbi_bron_sleep* gegeven, voor weg- en railverkeer afzonderlijk. De constanten en coëfficiënten van de regressievergelijkingen zijn in tabel F3 opgenomen.

Tabel F2 Correlatiecoëfficiënt van jaargemiddelde geluidsbelasting buiten op de gevel en geluidsbelasting binnen door de bron over de slaapperiodes van deelnemers.

wegverkeer	geluidsbelasting binnen door bron	
geluidsbelasting buiten	<i>Lbi_bg_sleep</i>	<i>Lbi_bron_sleep</i>
<i>Lnightbron</i>	0,30	0,38
<i>Lnightcum</i>	0,28	0,36
railverkeer	geluidsbelasting binnen door bron	
geluidsbelasting buiten	<i>Lbi_bg_sleep</i>	<i>Lbi_bron_sleep</i>
<i>Lnightbron</i>	0,60	0,60
<i>Lnightcum</i>	0,60	0,61



FiguurF1 Het verband tussen $L_{nightbron}$ en $L_{bi_bron_sleep}$. Voor wegverkeer zijn de 5% en 95% waarden van $L_{nightbron}$ 45 en 60 dB(A), voor railverkeer 50 en 75 dB(A).

Tabel F3 Gegevens over de regressievergelijking van de rechten in figuur F1.

bron	gegevens	
	constante	coëfficiënt van $L_{nightbron}$
wegverkeer	-3,2	0,498
railverkeer	-18,6	0,733

F.3 Relaties met gedichotomiseerde variabelen

Met de gedichotomiseerde variabelen zijn logistische regressieanalyses uitgevoerd. Voor de variabelen uit de vragenlijst zowel met de door RIVM berekende jaargemiddelde geluidsbelasting $L_{nightbron}$ als met $L_{bi_bron_sleep}$ die uit de metingen over 6 of 12 nachten is bepaald. Tevens is nagegaan of *geslacht*, *leeftijd*, *bron* en/of *p40db* additionele variabelen zijn. De verkregen relaties met i additionele variabelen hebben de volgende vorm:

$$\text{Logit } p = \ln \frac{p}{1-p} = c_1 + c_2 * L + c_3 * AV_1 + \dots + c_{(i+2)} * AV_i \text{ met:}$$

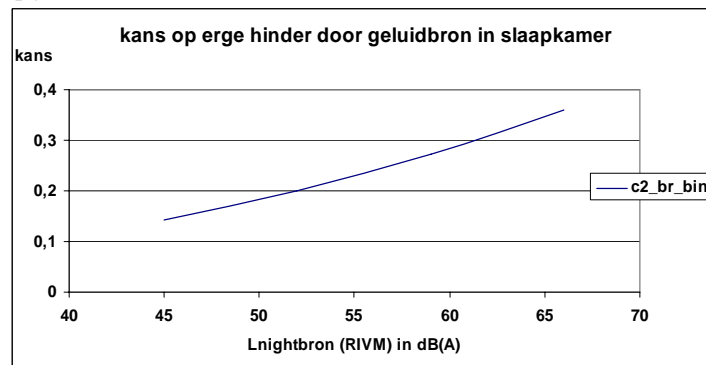
p	kans op effectvariabele = 1
c_1	constante
c_2	coëfficiënt van de geluidsparameter
L	$L_{nightbron}$ of $L_{bi_bron_sleep}$
AV_1	eerste additionele variabele
AV_i	i -de additionele variabele
$c_{(i+2)}$	coëfficiënt van de i -de additionele variabele.

De statistisch significante relaties (in de verwachte richting) van een gedichotomiseerde variabele met de jaargemiddelde geluidsbelasting $L_{nightbron}$ en/of met $L_{bi_bron_sleep}$ zijn gegeven in tabel F4. Geslacht, leeftijd en bron zijn geen additionele variabelen. Voor het resultaat met *p40db* als additionele variabele, zie hierna.

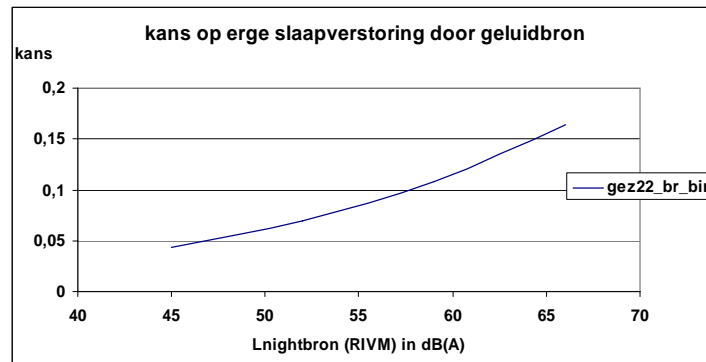
Tabel F4 Gegevens over statistisch significante relaties van variabelen met *Lnightbron* en/of *Lbi_bron_sleep*.

variabele	geluidsbelasting			
	<i>Lbi_bron_sleep</i>		<i>Lnightbron</i> (RIVM)	
c2_br_bin (erge hinder in slaapkamer)	c1	-2,591	c1	-4,441
	c2	0,058	c2	0,058
gez21_br_bin1 (frequentie slaapverstoring (bijna) elke nacht) ^a	geen relatie		geen relatie	
gez21_br_bin2 (frequentie slaapverstoring minstens eens per week of vaker)	c1	-2,400	geen relatie	
	c2	0,065		
gez22_br_bin (erge slaapverstoring)	c1	-4,181	c1	-6,075
	c2	0,081	c2	0,070
gez24som_bin13 (aantal slaapklachten 13 of meer)	geen relatie		c1	-4,181
			c2	0,050
gez24som_bin15 (aantal slaapklachten 15 of meer)	geen relatie		c1	-5,099
			c2	0,061

In de figuren F2 tot en met F5 zijn de vier relaties met *Lnightbron* als geluidmaat opgenomen.

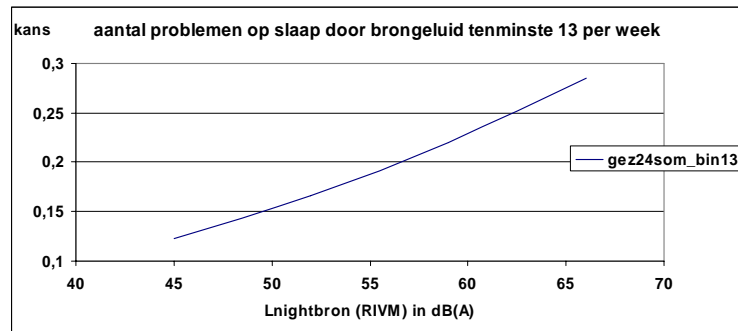


Figuur F2 Relatie tussen kans op erge hinder door de voornaamste verkeersgeluidbron in de slaapkamer en *Lnightbron*.

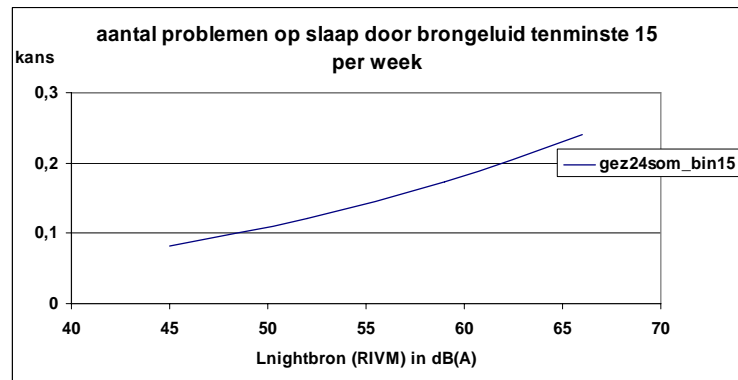


Figuur F3 Relatie tussen kans op erge slaapverstoring door de voornaamste verkeersgeluidbron en *Lnightbron*.

^a Dit afkappunt was in de prevalentieschattingen uit het GES-onderzoek gehanteerd.



Figuur F4 Relatie tussen kans op tenminste 13 maal een slaapprobleem door de voornaamste verkeersgeluidbron en Lnightbron.



Figuur F5 Relatie tussen kans op tenminste 15 maal een slaapprobleem door de voornaamste verkeersgeluidbron en Lnightbron.

We hebben geen statistisch significante relatie kunnen vaststellen met de in tabel F5 gegeven gedichotomiseerde variabelen, die voor een deel in het GES-onderzoek zijn gebruikt.

Tabel F5 Gedichotomiseerde variabelen die niet gerelateerd zijn aan *Lnightbron* en *Lbi_bron_sleep*.

variabele	omschrijving
c1_br_bin	erge geluidhinder door brongeluid
e1_br_bin	situatie kenmerken als wonen bij bron
e2_br_bin	bezorgd over situatie bij bron
gez23_br_bin1	frequentie van wakker worden door bron (afkap: bijna elke nacht)
gez23_br_bin2	frequentie wakker worden door bron (afkap: tenminste eens per week)
gez24som_bin12	aantal klachten over effect brongeluid op slaap 12 of meer
slsom14_bin10	aantal algemene slaapklasten tenminste 10 van 14
slsom14_bin9	aantal algemene slaapklasten tenminste 9 van 14
gez6som_bin16	depressief volgens klinische definitie
vitaal_bin13	ervaren vitaliteit score tenminste 13 van 25
beleef_bin14	ervaren gezondheid score tenminste 14 van 25
beleef_bin13	ervaren gezondheid score tenminste 13 van 25
beleef_bin15	ervaren gezondheid score tenminste 15 van 25
slploos_bin6	slapeloos volgens klinische definitie, score gelijk aan 6
slploos_bin5	slapeloos, score tenminste 5 van 6
slploos_bin4	slapeloos, score tenminste 4 van 6
gez18_bin3	slaapkwaliteit, score tenminste 3

We hebben ook nagegaan of *p40db* en de plaats van het slaapkamerraam ten opzichte van de geluidsbron additionele variabelen zijn van de in tabel F4 gegeven relaties met *Lnightbron*. Dat is voor *p40db* het geval voor *gez24som_bin13* en *gez24som_bin15*. Er is eenzijdig getoetst met een significantieniveau van 0,05. De gegevens staan in tabel F6. De plaats van het slaapkamerraam ten opzichte van de geluidsbron is geen additionele variabele.

Tabel F6 Gegevens over statistisch significante relaties van variabele *gez24_som* (met twee verschillende afkappunten)^a met *Lnightbron* en *p40db* als additionele variabele. P is het significantie-niveau.

variabele	coëfficiënt	waarde
gez24som_bin13 (aantal klachten over effect brongeluid op slaap 13 of meer)	c1	-4,228
	c2	0,057
	c3 (<i>p40db</i>)	-0,021 (P = 0,03)
gez24som_bin15 (aantal klachten over effect brongeluid op slaap 15 of meer)	c1	-5,573
	c2	0,077
	c3 (<i>p40db</i>)	-0,032 (P = 0,00)

^a De relatie met afkappunt van 14 gaf geen statistisch significante waarde van c2.

G Gebruikte geluidsbelastingssymbolen

<i>Lbu_1s</i>	met de buitenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde;
<i>Lbb_1s</i>	met de buiten geplaatste binnenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde;
<i>Lbi_1s</i>	met de binnenmeter gemeten geluidniveau over 1 seconde;
<i>Lmax_bu</i>	maximum geluidniveau op de buitenmeter tijdens een verkeerspassage;
<i>SEL_bu</i>	<i>SEL</i> van een verkeerspassage afgeleid uit de geluidniveaus op de buitenmeter ^a ;
<i>Lmax_i</i>	uit meting met de binnenmeter verkregen maximum geluidniveau in de slaapkamer tijdens een <i>vliegtuigpassage</i> . <i>Lmax_i</i> , <i>SEL_i</i> , en <i>piek_i</i> zijn wel in het rapport gedefinieerd, maar niet in analyses gebruikt;
<i>bbv</i>	voor een slaapkamer berekend gemiddeld verschil tussen <i>Lmax_bu</i> en <i>maximum geluidniveau</i> in de slaapkamer van de luidste verkeerspassages (in dB(A));
<i>Lmax_bbv</i> :	<i>Lmax_bu</i> verminderd met <i>bbv</i> ($Lmax_{bbv} = Lmax_{bu} - bbv$);
<i>SEL_bbv</i> :	<i>SEL_bu</i> verminderd met <i>bbv</i> ($SEL_{bbv} = SEL_{bu} - bbv$);
<i>SEL_bin</i> :	uit meting verkregen <i>SEL</i> in de slaapkamer tijdens een effectbeoordelings-interval, exponentieel gemiddeld over het aantal 15-s intervallen van dat interval ^b ;
<i>Lbuspt</i> :	equivalent geluidniveau op de buitenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer;
<i>Lbispt</i> :	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één slaaperperiode van een deelnemer
<i>Lbi_bronspt</i> :	het uit <i>Lbuspt</i> en <i>bbv</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer van de luidere passages op de buitenmeter ($Lbi_{bronspt} = Lbuspt - bbv$);
<i>Lbi_bgspt</i> :	het uit de waarden van <i>Lbu_1s</i> en <i>bbv</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer door rekening te houden met een laagste meetniveau in de slaapkamer van 20 dB(A);
<i>Lbi_Lbibronspt</i>	equivalent geluidniveau gedurende één slaaperperiode door geluid in de slaapkamer niet afkomstig van luidere verkeerspassages ^c ;
<i>Lbu_onset</i> :	equivalent geluidniveau op de buitenmeter gedurende één inslaaperperiode van een deelnemer;
<i>Lbi_onset</i> :	equivalent geluidniveau op de binnenmeter gedurende één inslaaperperiode van een deelnemer;
<i>Lbi_bron_onset</i> :	het uit <i>Lbu_onset</i> en <i>bbv</i> afgeleide equivalente geluidniveau in de slaapkamer ($Lbi_{bron_onset} = Lbu_{onset} - bbv$);
<i>Lbi_Lbibron_onset</i>	equivalent geluidniveau gedurende een inslaaperperiode door geluid in de slaapkamer niet afkomstig van de luidere verkeerspassages ^d ;
<i>Lbu_sleep</i>	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting buiten tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten ^e ;
<i>Lbi_sleep</i> :	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele geluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten ^f ;
<i>;Lbi_bron_sleep</i> :	equivalent geluidniveau representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten ^g ;
<i>Lbi_bg_sleep</i> :	equivalente geluidniveau in de slaapkamer representatief voor de individuele verkeersgeluidsbelasting binnen tijdens de slaap van een deelnemer gedurende zes nachten ^h ;
<i>p40db</i>	percentage van alle waarden van <i>Lbu-1s</i> tussen 23 en 7 uur op een locatie die niet groter zijn dan 40 dB(A);
<i>L90</i>	geluidniveau dat door 90% van de waarden van <i>Lbu-1s</i> tussen 23 en 7 uur overschreden wordt.

Alle geluidniveaus zijn in dB(A).

^a *SEL_bu* is de *SEL* tussen de twee -10 dB(A) punten van een verkeerspassage.

^b *SEL* is het op de binnenmeter bepaalde, op één seconde genormeerde equivalente geluidniveau over het effectbeoordelings-interval (*SEL* in dB(A)).

^c In formule: $Lbi_Lbibronspt = 10 \cdot \lg [(10^{Lbispt/10}) - 10^{Lbi_bronspt/10}]$. Ook zou *Lbi_bgspt* in plaats van *Lbi_bronspt* gebruikt kunnen worden, maar de uitkomst is vrijwel gelijk als bij gebruik van *Lbi_bronspt*. Het gemiddelde verschil is -0,05 dB(A) en in 1% van de gevallen is dit verschil kleiner dan -1 dB(A). De uitkomsten met gebruik van *Lbi_bronspt* zijn dus hetzelfde als met *Lbi_bgspt*.

^d In formule: $Lbi_nietbron_onset = 10 \cdot \lg [(10^{Lbi_onset/10}) - 10^{Lbi_bron_onset/10}]$.

^e *Lbu_sleep* is berekend door *Lbuspt* over de zes slaaperperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperperiode.

^f *Lbi_sleep* is berekend door *Lbispt* over de zes slaaperperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperperiode;

^g *Lbi_bron_sleep* is berekend door *Lbi_bron* over de zes slaaperperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperperiode

^h *Lbi_bg_sleep* is berekend door *Lbi_bgspt* over de zes slaaperperiodes exponentieel te middelen, rekening houdend met de duur van elke afzonderlijke slaaperperiode.

Referenties

- 1 Hofman WF. Vliegtuiglawaai, slaap en gezondheid. Achtergrondstudie in opdracht van de Gezondheidsraad. Den Haag: Gezondheidsraad; 1991; Report A91/1.
- 2 Gezondheidsraad: Commissie Vliegtuiglawaai en slaap. Vliegtuiglawaai en slaap. Den Haag: Gezondheidsraad; 1991; Rapport 1991/05.
- 3 Di Nisi J, Muzet A, Ehrhart J, Libert JP. Comparison of cardiovascular responses to noise during waking and sleeping in humans. *Sleep* 1990; 13(2):108-120.
- 4 Hofman WF. Sleep disturbance and sleep quality. Universiteit van Amsterdam, 1994.
- 5 Hofman WF, Kumar A, Tulen JHM. Cardiac reactivity to traffic noise during sleep in man. *J Sound Vib* 1995; 179(4):577-589.
- 6 Muzet A. Relationship between subjective and physiological assessments of noise-disturbed sleep. U S Environmental Protection Agency 1973; 550(973-008):575-586.
- 7 Babisch W, Fromme H, Beyer A, Ising H. Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise: the role of stress hormones in noise research. *Environ Int* 2001; 26(7-8):475-481.
- 8 Babisch W. Stress Hormones in the Research on Cardiovascular Effects of Noise. *Noise Health* 2003; 5(18):1-11.
- 9 Maschke C, Wolf U, Leitmann T. Epidemiological examinations to the influence of noise stress on the immune system and the emergence of arteriosclerosis. Berlin: Robert Koch-Institut; 2002.
- 10 Burgess HJ, Trinder J, Kim Y, Luke D. Sleep and circadian influences on cardiac autonomic nervous system activity. *Am J Physiol* 1997; 273:1761-1768.
- 11 Sing JP, Larson MG, Tsuij H, Evans JC, O'Donnell CJ, Levy D. Reduced heart rate variability and new-onset hypertension: insights into pathogenesis of hypertension: The Framingham Heart Study. *Hypertension* 1998; 32:293-297.
- 12 Babisch W. Traffic Noise and Cardiovascular Disease: Epidemiological Review and Synthesis. *Noise Health* 2000; 2(8):9-32.
- 13 Fidell S, Pearsons K, Tabachnick B, Howe R, Silvati L, Barber DS. Field study of noise-induced sleep disturbance. *J Acoust Soc Am* 1995; 98(2 Pt 1):1025-1033.
- 14 Fidell S, Howe R, Tabachnick BG, Pearsons K, Silvati L, Sneddon M et al. Field studies of habituation to change in nighttime aircraft noise and of sleep motility measurement methods. Canoga Park California: BBN; 1998; 8195.
- 15 Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Hower R. Effects of sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. *J Acoust Soc Am* 2000; 107(5:1):2535-2547.

- 16 Horne JA, Pankhurst FL, Reyner LA, Hume KI, Diamond ID. A field of sleep disturbance: effects of aircraft noise and other factors on 5.742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample. *Sleep* 1994; 17:146-159.
- 17 Ollerhead JB, Jones CJ, Cadoux RE. Report of field study on aircraft noise and sleep disturbance. London: Civil Aviation Authority; 1992.
- 18 Passchier-Vermeer W, Steenbekkers JHM, Vos H. Sleep disturbance and aircraft noise; questionnaire, locations and diaries. Leiden: TNO-PG; 2001; Report nr 2001.205.
- 19 Passchier-Vermeer W, Steenbekkers JHM, Waterreus MJAE, Dam PJCM. Sleep disturbance and aircraft noise; tables, figures, pictures. Leiden: TNO-PG; 2001; Report nr 2001.206.
- 20 Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM, van der Ploeg FD, Groothuis-Oudshoorn K. Sleep disturbance and aircraft noise. Exposure-effect relationships. Leiden: TNO-PG; 2002; Report nr 2002.027.
- 21 Passchier-Vermeer W, Miedema HME, Vos H, Steenbekkers JHM, Houthuijs D, Reijneveld SA. Slaapverstoring door vliegtuiggeluid. Delft: TNO-Inro; 2002; TNO Report nr 2002.028, RIVM report nr 441520019, 2002.
- 22 Griefahn B, Möhler U, Schümer R.(Hrsg). Vergleichende Untersuchung über die Lärmwirkung bei Strassen- und Schienenverkehr (Hauptbericht-Textteil, Kurzfassung, Abbildungen und Tabellen,Dokumentationsanhang). München: SGS; 1999.
- 23 Griefahn B, Schuemer-Kohrs A, Schuemer R, Moehler U, Mehnert P. Physiological, subjective, and behavioural responses during sleep to noise from rail and road traffic. *Noise Health* 2000; 3(9):59-71.
- 24 Passchier-Vermeer W, Vos H, Griefahn B, Moehler U. Motility and road and rail traffic noise. Delft: TNO-Inro; 2006; TNO Report nr 2006.xxx.
- 25 Borst HC, Fritz JB, Miedema HME, Hout KDv, Zandveld PYJ. TNO PG/VGZ, eds. Lokale milieuverkenningen van Leiden. Leiden: 8-1999; PG/VGZ/99.060, Urbis: instrument voor lokale milieu verkenningen.
- 26 Borst HC, Kluizenaar Yd, Hout KDvd, Zandveld PYJ. TNO PG, eds. Scenario spoorzone Breda. Evaluatie van milieubelastingen en gezondheidsrisico's. Leiden: 2001; 2001.128.
- 27 Borst HC, Kluizenaar Yd, Hout KDvd, Zandveld PYJ. TNO PG, eds. Urbis spoorzone Breda. Leiden: 2001; 2001.125.
- 28 Borst HC, Zandveld PYJ. Urbis Tilburg Weg en railverkeer 2002. Delft: TNO Inro; 2003; 2003-25.
- 29 Bouma J, Ranchor AV, Sanderman R, Sonderen van E. Het meten van symptomen van depressie met de CES-D: een handleiding. Groningen: Noordelijk Centrum voor Gezondheidsvraagstukken RU Groningen; 1995; 6, NCG reeks meetinstrumenten.
- 30 Kluizenaar de Y, Zandveld PYJ, Wiersma T. Urbis Leiden; Milieuverkenningen 2003. Delft: TNO Inro; 7-5-2003; 2003-24.

- 31 Kluizenaar Yd. Leiden scenario wegverkeer 2015. Delft: TNO Inro; 10-2003.
- 32 Kluizenaar Yd, Zandveld PYJ. TNO Inro, eds. Lokale milieuverkenning in de gemeenten Leiderdorp, Oegstgeest, Warmond en Zoeterwoude met behulp van Urbis. Delft: 12-2004; 2004-54.
- 33 Kluizenaar Yd, Borst HC, Zandveld PYJ. TNO I&R, eds. Urbis Delft. Wegverkeersgerelateerd geluid en luchtkwaliteit 2003. Delft: 2005; 2005-003.
- 34 Jabben J, Nijland H, Vegt van der M, Wijngaarden van P. Geluidproblematiek Spoorwegen; Overzicht hoogbelaste woningen en kosten maatregelen voor spoorwegen 2000-2010. RIVM 2003;(October 2003).
- 35 Prorail. Het akoestisch spoorboekje voor Windows ASWIN. Data van railinfra en railverkeer afkomstig van prorail. 2003.
- 36 Centraal Bureau voor de Statistiek. STATLINE 2006. Voorburg/Heerlen: CBS; 2006.
- 37 Graham J, Janssen SA, Vos H, Passchier-Vermeer W, Miedema HME. The influence of traffic noise on PEP and RSA during sleep. 2006; In preparation.
- 38 Gerretsen E. Meetmethode voor de geluidreductie door gevels - voorstudie -. Delft: Technisch Fysische Dienst TNO-TH; 1980; ICG-rapport WG-WR-05-01.
- 39 Slotboom A. Statistiek in woorden. Groningen: Wolters-Noordhoff, 1996.
- 40 Lang TA, Secic M. How To Report Statistics in Medicine. Annotated guidelines for authors, editors, and reviewers. Philadelphia, Pennsylvania: American College of Physicians, 2006.
- 41 Moehler U, Liepert M, Schümer R.(Hrsg), Griefahn B. Differences between Railway and Road Traffic Noise. J Sound Vib 2000; 231(3):853-864.
- 42 Passchier-Vermeer W. Night-time noise events and awakening. Delft: TNO Inro; 2003; 2003.023.
- 43 ISO. Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment. Geneva: International Standards Organization; 2002; ISO/FDIS 1996-1.
- 44 ISO. Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels (Draft). Geneva: International Standards Organization; 2002; ISO/CD 1996-2.
- 45 Weinstein ND. Individual differences in reactions to noise: a longitudinal study in the college dormitory. J Applied Psychology 1978; 63(4):458-466.
- 46 Schreurs PJG, Willige van de G, Brosschot JF, Tellegen B, Graus GMH. De Utrechtse Coping Lijst: UCL. Omgaan met problemen en gebeurtenissen. Herziene handleiding. Lisse: Swets en Zeitlinger b.v.; 1993.
- 47 Zee van der KI, Sanderman R. Het meten van de algemene gezondheidstoestand met de RAND-36: een handleiding. Groningen: Noordelijk Centrum voor Gezondheidsvraagstukken RU Groningen; 1990; 3, NCG reeks meetinstrumenten.

- 48 Oosterlee A, Drijver M. Het wonen aan een drukke verkeersweg en gezondheid. Een vragenlijstonderzoek bij volwassenen en kinderen. Deel 1 Rapport. Haarlem: GGD Zuidkennemerland; 1992; 10.
- 49 Oosterlee A, Drijver M. Het wonen aan een drukke verkeersweg en gezondheid. Een vragenlijstonderzoek bij volwassenen en kinderen. Deel 2 Tabellen en bijlagen. Haarlem: GGD Zuidkennemerland; 1992; 10.
- 50 Gezondheidsraad. Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad; 14-10-2004; 2004/14.
- 51 Nederlandse Vereniging voor Psychiatrie. Beknopte handleiding bij de Diagnostische Criteria van de DSM-IV. Lisse: Swets & Zeitlinger; 2004.
- 52 Ohayon MM, Roth T. What are the contributing factors for insomnia in the general population? *J Psychosom Res* 2001; 51(6):745-755.
- 53 Schwartz S, McDowell Anderson W, Cole SR, Cornoni-Huntley J, Hays JC, Blazer D. Insomnia and heart disease: A review of epidemiologic studies. *Journal of Psychosomatic Research* 1999; 47 (4):313-333.
- 54 Shaver JL, Johnston SK, Lentz MJ, Landis CA. Stress exposure, psychological distress, and physiological stress activation in midlife women with insomnia. *Psychosom Med* 2002; 64(5):793-802.
- 55 Suka M, Yoshida K, Sugimori H. Persistent insomnia is a predictor of hypertension in Japanese male workers. *J Occup Health* 2003; 45(6):344-350.
- 56 Mallon L, Broman JE, Hetta J. Relationship between insomnia, depression, and mortality: a 12-year follow-up of older adults in the community. *Int Psychogeriatr* 2000; 12(3):295-306.
- 57 Miedema HME, Passchier-Vermeer W, Vos H. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance. Delft: TNO Inro; 2003; 2002.59.
- 58 EU. Directive of the European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise. Joint text approved by the Conciliation Committee provided for in Article 251(4) of the EC Treaty. Brussel: The European Parliament, The Council; 8-4-2002; Document 2000/0194 (COD), PE-CONS 3611/02.
- 59 EU WG2. Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. 20-2-2002. Internet: www.europe.eu.int/com/environment/noise/noise expert network.pdf.
- 60 Europese Commissie. Advies van de Commissie overeenkomstig artikel 251, lid 2, derde alinea, onder c) van het EG-Verdrag, over de amendementen van het Europees Parlement op het gemeenschappelijke standpunt van de Raad inzake het voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai, houdende Wijziging van het Voorstel van de Commissie, overeenkomstig artikel 250, lid 2, van het EG-Verdrag. Brussel: Europese Commissie; 24-10-2001; Document COM(2001) 621 definitief. Internet: http://europa.eu.int/eur-lex/nl/com/pdf/2001/nl_501PC0621.pdf.

- 61 Ministerie van VROM. Bouwbesluit. 2004;
<http://www.vrom.nl/Docs/wonen/bouwbesluitSTB.pdf>; geraadpleegd 04-01-2004.
- 62 Libert JP, Bach V, Johnson LC, Ehrhart J, Wittersheim G, Keller D. Relative and combined effects of heat and noise exposure on sleep in humans. *Sleep* 1991; 14(1):24-31.
- 63 Jong RGd, TNO PG, eds. Geluidhinder in Nederland: 10 jaar later deel 1. Leiden: 11-1988; 88050.
- 64 Jong RGd, Steenbekkers JHM, Vos H. Hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten van milieuverontreiniging in Nederland. Leiden: TNO-PG; 2-2000; PG/VGZ/2000.012.
- 65 TNO-PG and RIVM. Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol: resultaten van een vragenlijstonderzoek (Annoyance, sleep disturbance, health and experience aspects in the Schiphol region: results of a survey). Summary in English. Leiden/Bilthoven: 10-1999; TNO:98.052 RIVM: 441520011., geraadpleegd op .
- 66 Miedema HME, Vos H. Exposure-response relationships for transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1998; 104(6):3432-3445.
- 67 Miedema HME, Oudshoorn GCM. Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals. *J Acoust Soc Am* 2001; 109(4):409-416.