

# concept

**TNO-rapport**

**TNO-034-DTM-2010-00945**

**Onderzoek naar gevoelige en kwetsbare groepen voor geluid**

www.tno.nl

T  
F

|               |  |
|---------------|--|
| Datum         | Maart 2010   |
| Auteur(s)     | Sabine Janssen<br>Yvonne de Kluizenaar<br>Hilde Gaarkeuken<br>Jamie Graham |
| Oprachtgever  | VROM   |
| Projectnummer | 034.74215  |
| Oprachtgever  | VROM zaaknummer 5080.07.1011   |

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke 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.

## Samenvatting

# concept

In dit rapport zijn de resultaten weergegeven van het project ‘Onderzoek naar gevoelige en kwetsbare groepen voor geluid’, gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

De doelstelling van het project was om deelgroepen binnen de algemene bevolking te identificeren die mogelijk sterkere reacties vertonen op blootstelling aan geluid (en eventueel ook luchtverontreiniging) door wegverkeer dan de gemiddelde bevolking (c.q. gevoelige groepen), en om de gezondheidseffecten van blootstelling aan geluid van wegverkeer binnen een mogelijk gevoelige groep te onderzoeken. Op basis van de identificatie van zulke groepen zou in beleid rekening kunnen worden gehouden met de bevolkingssamenstelling.

Het project omvat drie hoofdstukken. In Hoofdstuk 1 wordt eerst kort uiteengezet op basis waarvan men verwacht dat bepaalde groepen gevoelig of kwetsbaar zijn voor geluidbelasting of luchtverontreiniging. In Hoofdstuk 2 en 3 worden twee deelstudies beschreven die op basis van gegevens verzameld in een geboortecohort in Rotterdam (de zogeheten ‘Generation R’ studie, opgezet door het Erasmus Medisch Centrum) zijn uitgevoerd. Hierin worden de effecten van omgevingsgeluid onderzocht in twee van de geïdentificeerde mogelijk gevoelige groepen, namelijk zwangere vrouwen en hun ongeboren kind, en kinderen in hun cognitieve ontwikkeling vanaf de geboorte. De zwangerschap is een periode waarin de lichaamshuishouding van vrouwen tijdelijk veranderd is, waardoor zij gevoeliger zijn voor psychische en fysieke stressoren. Deze stressoren hebben niet alleen invloed op de aanstaande moeder, maar kunnen ook effecten hebben op de ontwikkeling van het ongeboren kind. Daarnaast heeft eerder onderzoek aangetoond dat de cognitieve ontwikkeling van jonge kinderen in de basisschoolleeftijd verstoord kan raken door de blootstelling aan transportgeluid op school.

De in Hoofdstuk 2 beschreven deelstudie richt zich op de mogelijke gezondheidseffecten van blootstelling aan geluid door wegverkeer bij meer dan 5.000 zwangere vrouwen en hun ongeboren kinderen. De resultaten laten geen duidelijke verbanden zien tussen de mate van blootstelling aan huis door wegverkeergeluid en bloeddruk (zwangerschapshypertensie), uteroplacentale weerstand, placentagewicht en lichaamsgewicht bij geboorte.

In Hoofdstuk 3 worden de bevindingen beschreven van de deelstudie naar associaties tussen de geluidblootstelling aan huis door wegverkeergeluid en de non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling bij meer dan 5.000 kinderen in de leeftijden tussen 12 t/m 30 maanden. Hierbij zijn geen duidelijke significante verbanden gevonden tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en de non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling van kinderen.

In beide deelstudies zijn verdere analyses binnen specifieke subpopulaties, zoals deelnemers die in een woning leven zonder een akoestisch stille zijde, of die qua opleidingsniveau en etniciteit homogeen zijn, uitgevoerd. Ook hierin werden geen duidelijke effecten gevonden.

Een opmerkelijke bevinding is dat binnen de huidige steekproef de verdeling van kenmerken zoals etniciteit en socio-economische status over de blootstellingniveaus aan wegverkeergeluid afwijkt van de meeste andere studies. Binnen de huidige steekproef zijn de etnisch Nederlandse deelnemers, de deelnemers met hogere opleidingsniveaus en degenen die in buurten met hogere inkomens wonen blootgesteld aan de hoogste niveaus van wegverkeergeluid, terwijl in veel andere studies juist de sociaal economisch zwakkere groepen aan de hoogste niveaus zijn blootgesteld.

Het huidige onderzoek heeft bij een grote groep zwangere vrouwen en hun kinderen cross-sectioneel het verband onderzocht tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en bloeddruk van de moeder, uteroplacentale weerstand, placentagewicht en lichaamsgewicht bij geboorte. Ook is het verband onderzocht tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling bij hun kinderen in de leeftijd tussen 12 t/m 30 maanden. Voorlopig zijn geen aanwijzingen gevonden dat wegverkeergeluid samenhangt met de ontwikkeling van cardiovasculaire risicofactoren en foetale groei tijdens de zwangerschap, of met cognitieve ontwikkeling van jonge kinderen.

## Inhoudsopgave

concept

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>Samenvatting</b> .....  | <b>2</b>  |
|          | <b>Inleiding</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>1</b> | <b>Overzicht gevoelige en kwetsbare groepen</b> .....  | <b>6</b>  |
| 1.1      | Gezondheidseffecten van geluidbelasting.....   | 6         |
| 1.2      | Zelfgerapporteerde geluidgevoeligheid .....  | 7         |
| 1.3      | Gevoelige en kwetsbare groepen voor geluid.....  | 8         |
| 1.4      | Gevoelige en kwetsbare groepen voor luchtverontreiniging .....   | 11        |
| 1.5      | Referenties .....  | 13        |
| <b>2</b> | <b>Deelstudie 1: Effecten van wegverkeergeluid gedurende de zwangerschap op moeder en kind</b> .....   | <b>16</b> |
| 2.1      | Inleiding.....   | 16        |
| 2.2      | Methode .....  | 17        |
| 2.3      | Resultaten .....   | 22        |
| 2.4      | Discussie .....  | 36        |
| 2.5      | Referenties .....  | 38        |
| <b>3</b> | <b>Deelstudie 2: Effecten van wegverkeergeluid op non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling van kinderen in de leeftijd van 12 tot 30 maanden</b> ..... | <b>41</b> |
| 3.1      | Inleiding.....   | 41        |
| 3.2      | Methode .....  | 43        |
| 3.3      | Resultaten .....   | 48        |
| 3.4      | Discussie .....  | 58        |
| 3.5      | Referenties .....  | 60        |

## Inleiding

concept

Bij het streven naar een goede leefomgevingskwaliteit met het oog op gezondheid is het van belang rekening te houden met de diversiteit van de bevolking. Zowel voor geluidbelasting als voor luchtverontreiniging zijn bepaalde groepen aan te wijzen waarvan verwacht kan worden dat ze meer gezondheidseffecten van blootstelling ondervinden dan de algemene bevolking. Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen gevoelige groepen, die een sterkere reactie vertonen op blootstelling dan de gemiddelde bevolking, en kwetsbare groepen, die meer kans lopen op gezondheidsschade door een afwijkend blootstellingspatroon of door zwakheid van het organisme. Op basis van de identificatie van zulke groepen kan beleid worden opgesteld, bijvoorbeeld door locaties te onderscheiden met een populatie die extra gevoelig is, of door bij gebiedsgericht beleid rekening houden met de bevolkingssamenstelling. Onderzoek in de afgelopen decennia is echter vooral gericht geweest op het aantonen van relaties tussen blootstelling en effect, waarbij slechts weinig aandacht is besteed aan het identificeren van gevoelige groepen. Vooral met betrekking tot geluidbelasting bestaat nog weinig inzicht in welke de gevoelige en/of kwetsbare groepen zijn en hoe deze geïdentificeerd moeten worden. Om die reden is het onderhavige project gericht op geluidbelasting, waarbij echter waar mogelijk ook bekeken wordt of eventueel geobserveerde effecten van geluidbelasting wellicht deels te verklaren zijn uit luchtverontreiniging. In Hoofdstuk 1 wordt eerst kort uiteengezet op basis waarvan men verwacht dat bepaalde groepen gevoelig of kwetsbaar zijn voor geluidbelasting of luchtverontreiniging. In Hoofdstuk 2 en 3 worden twee deelonderzoeken beschreven die op basis van gegevens verzameld in een geboortecohort in Rotterdam (Generation R) zijn uitgevoerd. Hierin worden de effecten van omgevingsgeluid op twee mogelijk kwetsbare groepen onderzocht, i.e. zwangere vrouwen en kinderen die in ontwikkeling zijn.

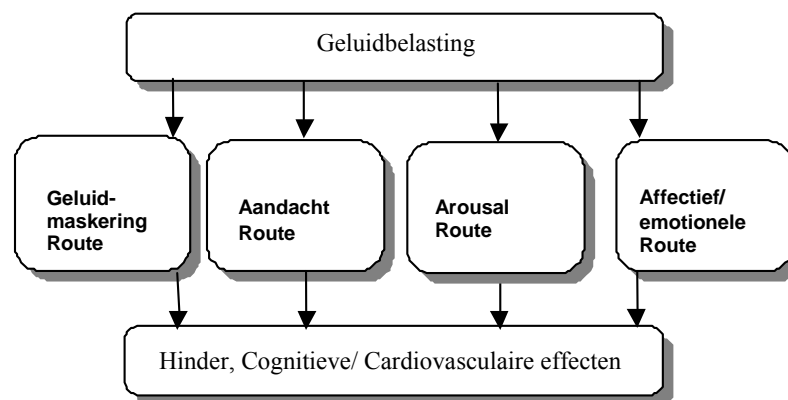
# 1 Overzicht gevoelige en kwetsbare groepen

## concept

### 1.1 Gezondheidseffecten van geluidbelasting

Indien een bepaald soort geluid wordt beschouwd als ongewenst of verstorend, kan blootstelling aan dat geluid leiden tot acute negatieve fysiologische en psychologische effecten. Acute psychologische reacties, waaronder hinder, kunnen veroorzaakt en versterkt worden door verstoring van activiteiten, zoals gesprekken, concentratie, slaap en ontspanning en kunnen mogelijk tot chronische stress leiden. Acute fysiologische reacties kunnen aanleiding geven tot zogenaamde intermediaire reacties, zoals een tijdelijk verhoogde bloeddruk en verhoogde niveaus van stresshormonen. Deze reacties worden beschouwd als risicofactoren voor hart- en vaatziekten. Ook als men geen expliciete hinder ervaart, kan omgevingsgeluid direct, zonder voorafgaande negatieve beoordeling, tot fysiologische reacties leiden, of kan herhaaldelijke verstoring van activiteiten mogelijk cognitieve gevolgen hebben.

Om na te gaan welke groepen mogelijk gevoelig of kwetsbaar zijn voor effecten van geluidbelasting, dient men eerst stil te staan bij de verschillende manieren waarop geluid effecten teweeg kan brengen. Het onderstaande schema (uit Miedema, 2007) onderscheidt vier routes: een route via maskering van geluid, een route via verstoring van aandachtprocessen, een route via arousal, en een emotionele route. Deze vier routes kunnen elk leiden tot ervaren hinder, maar kunnen ook zonder dat men zich hiervan bewust is cognitieve of cardiovasculaire effecten hebben.



**Figuur 1.1** Routes van geluidbelasting naar gezondheidseffecten

- I. Maskering door omgevingsgeluid kan de verstaanbaarheid van spraak beïnvloeden, waardoor men meer inspanning moet leveren om een gesprek te kunnen voeren. Dit kan tot gevolg hebben dat men minder of op een simpelere manier gaat communiceren. Maskering gaat dus gepaard met een directe verstoring van communicatie.
- II. Omgevingsgeluid kan ook effecten veroorzaken door verstoring van aandachtsprocessen, zodat men minder goed de aandacht kan richten of kan blijven concentreren op bepaalde bezigheden.

- III. Een derde route waarlangs effecten van geluid tot stand kunnen komen is de 'arousal' route. Hierbij leidt geluid direct, zonder voorafgaande beoordeling, tot fysiologische reacties. Deze arousal, ofwel vegetatieve activering, treedt bijvoorbeeld op bij blootstelling aan lawaai tijdens de slaap (Passchier-Vermeer en Passchier, 2000). Omgevingsgeluid kan beletten dat men in slaap valt, het kan de slaapkwaliteit verminderen of het kan er zelfs voor zorgen dat men wakker wordt. Omdat slaap een belangrijke functie heeft bij het fysiologische en mentale herstel, kan slaapverstoring tot gevolg hebben dat men vermoeid is, minder goed presteert, en neerslachtig wordt (Miedema, 2007). Effecten op slaap kunnen versterkt worden wanneer er ook sprake is van overige omstandigheden die de slaap beletten, zoals problemen in de psychosociale sfeer of medische problemen.
- IV. Een laatste onderscheiden route voor effecten van geluid is via het opwekken van emoties. Wanneer men geluid associeert met een bepaald gevaar zullen de reacties op geluid hierdoor beïnvloed worden. Ook kan verstoring van slaap, concentratie of communicatie door geluid irritatie opwekken. Deze emotionele reacties zullen afhangen van de omstandigheden en van persoonlijke eigenschappen, zoals de algemene neiging tot angst of boosheid en de coping stijl.

## 1.2 Zelfgerapporteerde geluidgevoeligheid

Er bestaat geen objectieve, fysiologische meting om vast te stellen hoe geluidgevoelig een persoon is. Individuele geluidgevoeligheid wordt vastgesteld met behulp van subjectieve maten waarbij mensen wordt gevraagd naar hun persoonlijke geluidgevoeligheid, hun algemene attitude ten opzichte van geluiden, en hun reacties op geluid in bepaalde situaties. Personen worden als geluidgevoelig beschouwd indien zij zelf gevoeligheid voor geluid rapporteren, een algemeen negatieve houding hebben ten opzichte van geluid, of sterke reacties op geluid in bepaalde situaties rapporteren (Job, 1999; Miedema en Vos, 2003). Onderzoek wijst uit dat mensen die zelf aangeven gevoelig te zijn voor geluid een grotere kans hebben om hinder te rapporteren bij een bepaalde geluidbelasting (Guski, 1999; Miedema & Vos, 1999; 2003; van Kamp et al., 2004). Ook heeft geluid bij geluidgevoelige personen een grotere invloed op de tijd die het kost om in slaap te vallen en op de subjectieve slaapkwaliteit vergeleken met niet-geluidgevoeligen (Öhrström et al., 1988a), en is het percentage mensen met slaapverstoring door nachtelijk wegverkeersgeluid hoger onder geluidgevoelige personen dan onder personen die minder gevoelig zijn voor geluid (Lercher, 1995). Daarnaast vertonen geluidgevoeligen een sterkere psychofysiologische reactie op geluid, reageren zij sterker op stressoren in het algemeen en blijken ook in een situatie zonder stressoren een verhoogde psychofysiologische arousal te hebben (Stansfeld et al., 1985). Ook zijn er aanwijzingen dat geluidgevoeligen sterkere hartslagreacties vertonen op geluid tijdens de slaap dan niet-geluidgevoeligen (Öhrström et al., 1988). Zelfgerapporteerde geluidgevoeligheid lijkt verder verband te houden met algemene gezondheidsparameters zoals slaapverstoring, psychologische stoornissen en psychiatrische aandoeningen (Miedema en Vos, 2003; van Kamp et al., 2004).

Geluidgevoeligheid heeft waarschijnlijk niet te maken met het anders functioneren van het auditieve perceptuele systeem of een algemene neurofysiologische gevoeligheid, maar met een andere evaluatie van geluid (Öhrström et al., 1988b; Ellermeier et al., 2001). Voorts zijn er aanwijzingen voor een samenhang met een algemene gevoeligheid voor omgevingsfactoren (Miedema & Vos, 2003), en voor een samenhang met angst of neuroticisme als persoonlijkheidskenmerk (Öhrström et al., 1988b; Zimmer &

Ellermeier, 1999; Stansfeld, 1992). Angstige mensen zijn wellicht een gevoelige groep voor de effecten van omgevingsgeluid, aangezien zij gevoeliger zijn voor mogelijke dreigingen vanuit de omgeving, zoals geluid, en vatbaarder zijn voor psychiatrische aandoeningen (Stansfeld, 1992). Hoewel neuroticisme en geluidgevoeligheid samenhangen, bleek alleen geluidgevoeligheid een invloed te hebben op het openen van ramen in een lawaaige omgeving (Belojevic et al., 1997) en het beoordelen van de hinderlijkheid van geluiden (Dornic & Haaksonen, 1989). Mogelijk spelen ook bepaalde erfelijke factoren een rol bij geluidgevoeligheid. Uit een recente studie (Heinonen et al., 2009) blijkt dat een-eiige tweelingen, die genetisch identiek zijn, wat geluidgevoeligheid betreft meer op elkaar lijken dan twee-eiige tweelingen, wat duidt op de aanwezigheid van een genetische component in geluidgevoeligheid. Daarnaast lijkt geluidgevoeligheid samen te hangen met leeftijd (van Gerven et al., 2009): mensen van middelbare leeftijd (rond de 50 jaar) rapporteren gemiddeld een hogere geluidgevoeligheid (en hinder) dan mensen die jonger of ouder zijn.

### 1.3 Gevoelige en kwetsbare groepen voor geluid

Zoals hierboven beschreven, vormen personen die zichzelf als geluidgevoelig beschouwen een gevoelige groep voor de gezondheidseffecten van omgevingsgeluid. Echter, naast mensen die zichzelf gevoelig voor geluid achten, zijn er mogelijk ook groepen mensen die een bepaalde mate van neuropsychologische geluidgevoeligheid vertonen waarvan zij zich niet bewust zijn. Het gaat hierbij om mensen bij wie blootstelling aan omgevingsgeluid mogelijk grotere effecten teweeg brengt dan bij niet-geluidgevoelige personen, hoewel zij niet noodzakelijkerwijs expliciete hinder ervaren door blootstelling aan omgevingsgeluid. Laboratoriumonderzoek op het gebied van de cognitieve psychologie en de neuropsychologie, waarin niet direct gekeken is naar de invloed van omgevingsgeluid, suggereert dat dit zou kunnen gelden voor anderstalige mensen of mensen met bepaalde aandoeningen, zoals dyslexie, ADHD, autisme en schizofrenie (Miedema, 2004). Daarnaast zijn er groepen die vanwege hun gesteldheid, omstandigheden of door een afwijkend blootstellingspatroon (tijdelijk) kwetsbaarder zijn voor effecten van geluid. Hieronder wordt voor elk van deze groepen kort aangegeven op grond waarvan een bepaalde gevoeligheid of kwetsbaarheid voor geluid verondersteld kan worden.

#### *Dyslexie*

Wellicht vormen kinderen met aanleg voor dyslexie een gevoelige groep voor effecten van geluid. Personen met dyslexie hebben moeite met de identificatie van fonemen in spraak. Fonemen zijn klanken in taal op het niveau van letters. Indien de aanleg voor dyslexie bij kinderen aanwezig is, beïnvloedt oefening de mate van manifestatie. Het is plausibel dat omgevingsgeluid (via de geluidmaskering route) de expressie van dyslexie of de ernst ervan beïnvloedt, gezien de cruciale rol van foneemherkenning.

#### *ADHD*

Een potentieel gevoelige groep voor de cognitieve effecten van omgevingsgeluid zijn kinderen met ADHD (Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder). Uit neuropsychologische testen blijkt dat kinderen met ADHD een verminderd vermogen hebben om tijdens het uitvoeren van een taak afleidende, niet-relevante informatie te onderdrukken (Barkley, 1997). Het is plausibel dat omgevingsgeluid bij kinderen met ADHD een groter effect heeft (via de aandachtstroute), omdat deze kinderen al van



nature moeite hebben met concentratie op een taak en het verwerken van irrelevante prikkels (Miedema, 2004).

#### *Autisme*

Mensen met autisme hebben moeite om de relevante elementen uit de ruis van sensorische indrukken te selecteren. Hierdoor zouden autisten, via de aandachtsroute, extra gevoelig kunnen zijn voor omgevingsgeluid, omdat dit de ruis verhoogt en het dus voor autisten nog moeilijker maakt om te selecteren uit de nog grotere hoeveelheid gelijktijdige sensorische indrukken. Het is bekend dat onder autisten hyperacusis (een hoge mate van geluidgevoeligheid) veel voorkomt. Bovendien kan omgevingsgeluid door maskering een groter effect hebben op het verstaan van spraak bij autisten met een geringere taalvaardigheid. Dit werkt via hetzelfde mechanisme als bij anderstaligen zoals hieronder beschreven (Miedema, 2004).

#### *Schizofrenie*

Personen die lijden aan schizofrenie hebben een verminderde ‘gating’, een afwijking van het sensorisch systeem. Gating is het kort onderdrukken van nieuwe sensorische prikkels nadat een prikkel is waargenomen. Dit is vermoedelijk nodig om een verdere verwerking van de prikkel te kunnen laten plaatsvinden. Door een verminderd vermogen tot gating, zouden schizofrenen extra gevoelig kunnen zijn voor omgevingsgeluid door een grotere kwetsbaarheid van net opgenomen informatie voor een direct volgende (storende) prikkel. Onderzoek naar aandoeningen die gepaard gaan met verminderde gating heeft laten zien dat verminderde gating geassocieerd lijkt met hypergevoeligheid voor sensorische stimuli, waaronder geluid.

#### *Anderstaligheid*

Anderstaligen vormen een kwetsbare groep voor de maskerende eigenschappen van geluid. Indien men de spraak niet goed verstaat, wordt informatie uit de context gehaald om toch te begrijpen wat er gezegd wordt. Als men niet is opgegroeid met de taal, heeft men door beperkte kennis ervan, minder houvast aan die context. Voor anderstaligen is het dus moeilijker om onder lawaaiige omstandigheden een conversatie te voeren of te volgen (Miedema, 2004).

#### *Stress*

Mensen met stressgerelateerde klachten, zoals overspannenheid en burnout, kunnen extra gevoelig zijn voor lawaai (Gezondheidsraad, 2006). Omgevingsgeluid zou mogelijk het herstel van deze klachten kunnen vertragen. Ook mensen die lijden aan andere psychische problemen zoals aandachtstoornissen, angststoornis en depressie kunnen extra gevoelig zijn voor omgevingsgeluid (Gezondheidsraad, 2006).

#### *Slapeloosheid*

De effecten van omgevingsgeluid op de slaap (via de arousalroute) kunnen versterkt worden wanneer er ook sprake is van overige omstandigheden die de slaap beletten, zoals problemen in de psychosociale sfeer of medische problemen. Daarom vormen mensen die lijden aan slapeloosheid een kwetsbare groep voor de effecten van nachtelijk geluid. Mensen die zich bij het inslapen zorgen maken, hebben door omgevingsgeluid tijdens het inslapen nog langer nodig om in slaap te raken. Ook ervaren ze hun slaap als minder goed. Doordat slapeloosheid samenhangt met bepaalde aandoeningen zoals slaapstoornissen, lichamelijke pijn, dementie, depressie, hypertensie, obesitas en hart- of longziekten, hebben deze groepen ten opzichte van

goede slapers een verhoogde kans hebben op nadelige gevolgen van nachtelijk geluid voor hun gezondheid (Gezondheidsraad, 2004).

#### *Leeftijd*

Vanwege de toename van slaapproblemen met oplopende leeftijd vormen ook ouderen een kwetsbare groep voor de gezondheidseffecten van nachtelijk geluid. Leeftijd als zodanig is niet een bepalende factor voor het optreden van slapeloosheid en slaapproblemen, maar veeleer de cumulatie van een aantal met leeftijd samenhangende factoren, zoals gebrek aan fysieke activiteit, verandering van eet- en drinkgewoonten, ontevredenheid over de sociale omgeving, ziekten en aandoeningen (Gezondheidsraad, 2004). Echter, op zelfgerapporteerde slaapverstoring en hinder scores juist mensen van middelbare leeftijd het hoogst (Miedema & Vos, 2007; van Gerven et al., 2009). Ook op cardiovasculaire effecten van geluid (bloeddruk, hypertensie, hart en vaatziekten) zijn leeftijdseffecten gerapporteerd, maar deze laten geen consistent beeld zien (WHO, 2009).

#### *Geslacht*

In de meeste studies zijn duidelijkere effecten van geluid op cardiovasculaire eindpunten en aandoeningen gevonden bij mannen dan bij vrouwen, hoewel er ook studies zijn die het omgekeerde rapporteren (WHO, 2009).

#### *Zwangerschap*

Een omstandigheid waarvan bekend is dat deze samenhangt met slaapproblemen is de zwangerschap en de periode tot ongeveer een jaar na de zwangerschap (Hertz et al., 1992). Het is daarom aannemelijk dat deze vrouwen een kwetsbare groep vormen voor effecten van nachtelijk geluid op de slaap. Naast gezondheidseffecten op de vrouwen zelf, kan dit mogelijk ook effecten hebben op de ontwikkeling van het ongeboren kind. Eerder is aangetoond dat stress van de moeder via een verminderde placentafunctie de groei en ontwikkeling van de foetus kan beïnvloeden (Mulder et al., 2002; Welberg et al., 2005), resulterend in vroeggeboorte en/of laag geboortegewicht.

#### *Ontwikkeling*

Hoewel kinderen niet gevoeliger lijken te zijn dan volwassenen voor verstoring van cognitieve taken door geluid (Boman et al., 2004), vormen ze mogelijk een kwetsbare groep voor cognitieve effecten van omgevingsgeluid doordat ze in ontwikkeling zijn en op school hoge cognitieve eisen aan hen gesteld worden. Cognitieve effecten van blootstelling aan transportgeluid op scholen zijn gevonden bij kinderen in de basisschoolleeftijd (Evans & Lepore, 1993; Stansfeld et al., 2005). Ten eerste zou maskering, via verslechtering van de spraakverstaanbaarheid en de communicatie, bij kinderen de verschillende fasen van taalontwikkeling en daarmee op den duur de taalvaardigheid negatief kunnen beïnvloeden. Een specifiek kwetsbare groep voor deze effecten zijn mogelijk kinderen van anderstalige ouders. Ten tweede zouden aandachtsprocessen een rol kunnen spelen, bijvoorbeeld door het niet adequaat kunnen richten van de aandacht op bepaalde taken. Vaardigheden zoals het richten en vasthouden van de aandacht zijn in jonge kinderen nog in ontwikkeling en daardoor extra kwetsbaar voor verstoring door omgevingsgeluid. Een specifieke gevoelige groep voor dergelijke cognitieve effecten van omgevingsgeluid zijn kinderen met ADHD, aangezien deze gekenmerkt worden door een geringer vermogen om afleidende stimuli te weerstaan (Barkley, 1997).

Een andere route via welke omgevingsgeluid bij kinderen zou kunnen leiden tot cognitieve effecten (of tot andere effecten) is die via slaapverstoring (de arousalroute).

Indien kinderen 's nachts minder goed slapen zijn ze overdag minder uitgerust en zullen ze minder goed presteren. Ook zijn er aanwijzingen dat (diepe) slaap van belang is voor het adequaat opslaan van de informatie die overdag geleerd is (Gais & Born, 2004), hoewel onduidelijk is in hoeverre dit ook voor kinderen geldt. Kinderen vormen een kwetsbare groep omdat zij in ontwikkeling zijn, en slaapverstoring gevolgen kan hebben voor hun (cognitieve of overige) ontwikkeling. Bovendien, doordat kinderen op een vroeger tijdstip naar bed gaan en langer slapen dan volwassenen, is hun blootstelling aan verkeersgeluid tijdens de slaap over het algemeen hoger. Hoewel zij minder snel ontwaken door geluiden dan volwassenen (WHO, 2009), wordt het autonome zenuwstelsel van kinderen tijdens de slaap mogelijk wel sneller door geluid geactiveerd dan dat van volwassenen (Gezondheidsraad 2004).

#### *Werken in nachtdienst*

Een kwetsbare groep voor de effecten van omgevingsgeluid op de slaap zijn mensen die in ploegendienst werken. In de regelmatige perioden van nachtdienst, moeten zij overdag slapen. Omdat er overdag meestal veel meer geluid is dan 's nachts, zowel in huis als buiten, moeten mensen met wisselende diensten regelmatig onder minder gunstige omstandigheden slapen. Bovendien is bij deze mensen het slaap-waak ritme in meer of mindere mate verstoord, waardoor veelal hun slaapkwaliteit in de nachten dat ze niet werken, en dus wel kunnen slapen, ook verminderd is (Gezondheidsraad, 2004).

## **1.4 Gevoelige en kwetsbare groepen voor luchtverontreiniging**

Er zijn verschillende groepen mensen in de algemene populatie die hoger risico lopen op nadelige effecten van luchtverontreiniging. Enerzijds kan dit gaan om groepen die kwetsbaar zijn omdat ze meer tijd in de buitenlucht doorbrengen of daar meer inspanning verrichten en derhalve meer ademen, of om kinderen die doordat zij in ontwikkeling zijn kwetsbaarder zijn voor effecten. Anderzijds kunnen mensen een verhoogde gevoeligheid voor luchtverontreiniging hebben vanwege bestaande aandoeningen, zoals mensen met bestaande cardiovasculaire of luchtwegaandoeningen, diabetici, and ouderen (Simkhovich et al., 2008). Hieronder worden voor elk van deze groepen kort de bevindingen weergegeven op grond waarvan een bepaalde gevoeligheid of kwetsbaarheid voor luchtverontreiniging verondersteld kan worden.

#### *Bestaande luchtwegaandoeningen*

Uit een populatiestudie in Oslo naar de effecten van luchtverontreiniging (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub>) op sterfte, bleek dat patiënten met COPD en ouderen al bij lagere niveaus een verhoogd risico toonden ten opzichte van de algemene populatie (Naess et al., 2006). Ook bij andere luchtwegaandoeningen kan een verhoogde gevoeligheid voor luchtverontreiniging optreden. Zo wordt astma, een aandoening die vooral kinderen en jongvolwassenen treft, geassocieerd met een verhoogde gevoeligheid voor luchtverontreiniging. Sheppard et al. (2009) lieten bijvoorbeeld zien dat het aantal ziekenhuisopnames voor astma verhoogd wordt door toenames in fijn stof en koolmonoxide. Daarnaast wordt luchtverontreiniging ook beschouwd als een van de mogelijke (mede)oorzaken van luchtwegaandoeningen zoals astma (o.a. Thurston & Bates, 2003).

#### *Bestaande cardiovasculaire aandoeningen*

Pope et al. (2006) lieten zien dat ultrafijn stof (PM<sub>2.5</sub>) het risico verhoogt op onstabiele angina pectoris en hartinfarcten, en dat deze effecten groter zijn voor personen bij wie eerder via een angiogram aandoeningen van de kransslagaders waren vastgesteld. Bateson and Schwartz (2004) vonden dat het risico op sterfte binnen een groot cohort ouderen met een geschiedenis van hart- of longaandoeningen verhoogd werd door PM<sub>10</sub>, vooral in diabetici of degenen die eerder een myocard infarct hadden gehad. Zij concludeerden hieruit dat de extra gevoeligheid waarschijnlijk te maken had met eerdere schade aan de bloedvaten. Verder vonden Zanobetti and Schwartz (2007) een significant verband tussen blootstelling aan fijn stof (PM<sub>10</sub>) en een slechtere prognose na een hartinfarct (sterfte, ziekenhuisopname) onder personen uit een ouderencohort ( $\geq 65$  years) die een hartinfarct hadden overleefd.

#### *Diabetes*

Zanobetti and Schwartz (2002) lieten zien dat diabetici een gevoelige groep vormen voor het optreden van cardiovasculaire schade door luchtverontreiniging. Diabetes bleek een modifierende factor te zijn voor effecten van fijn stof (PM<sub>10</sub>) op ziekenhuisopnamen voor cardiovasculaire aandoeningen, met een bijna verdubbeld extra risico door fijn stof ten opzichte van niet-diabetici. Peters et al. (2004) vonden een verband tussen deelname aan wegverkeer en de aanvang van een hartinfarct binnen het eerstvolgende uur, waarbij diabetici, vrouwen, en personen ouder dan 60 jaar verhoogde risico's hadden.

#### *Leeftijd*

Devlin et al. (2003) vergeleken de effecten van gecontroleerde kortdurende blootstelling aan luchtverontreiniging (PM<sub>2.5</sub>) tussen jonge en oudere (60-80 jaar) gezonde vrijwilligers. Terwijl de ouderen onmiddellijk na de blootstelling, en soms ook nog na 24 uur, een verlaagde hartslagvariabiliteit toonden, werden geen veranderingen gevonden in de jongere groep. Verder vonden Cakmak et al. (2007) dat ouderen van tenminste 85 jaar, in vergelijking tot mensen onder de 65 jaar, twee keer zoveel kans hadden te overlijden aan acute verhogingen in PM<sub>10</sub> and meer dan 50% meer kans om te overlijden aan verhogingen in O<sub>3</sub> en SO<sub>2</sub>. Het risico bleek verder min of meer monotoon op te lopen met leeftijd. In een meta-analyse naar ozongerelateerde sterfte (Bell et al., 2004; 2005) bleken de effecten van ozon sterker voor mensen van 64 jaar en ouder dan voor de totale studiestudiepopulatie. In een andere studie (Filleul et al., 2004), waarin de effecten van zwarte rook (roet) op sterfte werden onderzocht, bleek eveneens dat de effecten het sterkst waren in de groep van 64 jaar en ouder, vooral door extra sterfte aan luchtwegaandoeningen.

#### *Ontwikkeling*

Er zijn ook aanwijzingen voor effecten van luchtverontreiniging op cognitieve ontwikkeling bij kinderen. Zo vonden Suglia et al. (2007) dat roet (black carbon) een voorspeller was van verminderd cognitief functioneren in schoolkinderen (gemiddelde leeftijd 9.7 jaar), zowel op testen van verbale als van non-verbale intelligentie. Verder vonden Perera et al. (2009) dat de intelligentie van 5-jarige kinderen negatief samenhangt met de aanwezigheid van PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) in de lucht tijdens de zwangerschap.

## 1.5 Referenties

- Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull* 1997;121:65-94.
- Bateson TF, Schwartz J. Who is sensitive to the effects of particulate air pollution on mortality? A case-crossover analysis of effect modifiers. *Epidemiology* 2004;15:143-149.
- Bell ML, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, Dominici F. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. *JAMA* 2004;292:2372-2378.
- Bell ML, Dominici F, Samet JM. A meta-analysis of time-series studies of ozone and mortality with comparison to the national morbidity, mortality, and air pollution study. *Epidemiology* 2005;16:436-445.
- Belojevic G, Jakovljevic B. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. *Environ Int* 1997;23:221-226.
- Boman E, Enmarker I, Hygge S. Strength of noise effects on memory as a function of noise source and age. *Noise Health* 2004;7:11-26.
- Cakmak S, Dales RE, Blanco Vidal C. Air pollution and mortality in Chile: susceptibility among the elderly. *Environ Health Persp* 2007;115:524-527.
- Devlin RB, Ghio AJ, Kehrl H, Sanders G, Cascio W. Elderly humans exposed to concentrated air pollution particles have decreased heart rate variability. *Eur Respir J* 2003;21:76s-80s.
- Dornic S, Haaksonen T. Continuous noise, intermittent noise, and annoyance. *Percept Mot Skills* 1989;68:11-8.
- Ellermeier W, Eigenstetter M, Zimmer K. Psychoacoustic correlates of individual noise sensitivity. *J Acoust Soc Am* 2001;109:1464-1473.
- Evans GW, Lepore SJ. Non-auditory effects of noise on children: a critical review. *Children's environments*. 1993;10:42-72.
- Filleul L, Le Tertre A, Baldi, I, Tessier JF. 2004. Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in southwest France. *Environ Res* 2004;94:249-253.
- Gais S, Born J. Declarative memory consolidation: mechanisms acting during human sleep. *Learning & Memory* 2004;11:679-685.
- Gerven PWM van, Vos H, Boxtel MPJ van, Janssen SA, Miedema HME. Annoyance from environmental noise across the lifespan. *J Acoust Soc Am* 2009;126:187-194.
- Gezondheidsraad. Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004; publicatie nr 2004/14.
- Gezondheidsraad. Stille gebieden en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 2006; publicatie nr 2006/12.
- Guski R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise and Health*. 1999;1:45-56.
- Heinonen-Guzejev M, Vuorinen H, Mussalo-Rauhamaa H, Heikkilä K, Koskenvuo M, Kaprio J. Medical, psychological and genetic aspects of noise sensitivity. *Proceedings of Euronoise 2009*, Edinburgh, Scotland.
- Hertz G, Fast A, Feinsilver SH, Albertario CL, Schulman H, Fein AM. Sleep in normal late pregnancy. *Sleep* 1992;15:246-251.
- Job RFS. Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise Health* 1999;1:57-68.
- Kamp I van, Job RFS, Hatfield J, Haines M, Stellato RK, Stansfeld SA. The role of noise sensitivity in the noise-response relation: A comparison of three international airport studies. *J Acoust Soc Am* 2004;116:3471-3479.
- Lercher P. Distinguishing effects modifiers of psychological morbidity associated with traffic noise exposure. *Epidemiology* 1995; 085, S28.

- Miedema HME. Gevoelige groepen voor geluid: een signalering. Delft: TNO Inro; 2004: 2004-20.
- Miedema HME. Annoyance caused by environmental noise: Elements for evidence-based noise policies. *J Soc Iss* 2007;63:41-57.
- Miedema HME, Vos H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1999;105:3336-3344.
- Miedema HME, Vos H. Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *J Acoust Soc Am* 2003;113:1492-1504.
- Miedema HME, Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behav Sleep Med* 2007;5:1-20.
- Mulder EJH, Robles de Median PG, Huizing AC, Van den Bergh BRH, Buitelaar JK, Visser GHA. Prenatal Maternal Stress: Effects on pregnancy and the unborn child. *Early Human Development* 2002;70:3-14.
- Naess O, Nafstad P, Aamodt G, Claussen B, Rosland P. Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol* 2007;165:435-443
- Öhrström E, Rylander R, Björkman M. Effects of night time road traffic noise an overview of laboratory and field studies on noise dose and subjective noise sensitivity. *J Sound Vib* 1988a;127:441-448.
- Öhrström E, Björkman M, Rylander R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psychol Med* 1988b;18:605-613.
- Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise exposure and public health. *Environ Health Persp* 2000;108:123-131.
- Perera FP, Li Z, Whyatt R, Hoepner L, Wang S, Camann D, Rauh V. Prenatal Airborne polycyclic aromatic hydrocarbon exposure and child IQ at age 5 years. *Pediatrics* 2009;124:195-202.
- Peters A, Klot S von, Heier, M, Trentinaglia I, Hormann A, Wichmann, HE, Lowel H. Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *N Engl J Med* 2004;351:1721-1730.
- Pope CA III, Muhlestein JB, May, HT, Renlund DG, Anderson JL, Horne BD. Ischemic heart disease events triggered by short-term exposure to fine particulate air pollution. *Circulation* 2006;114:2443-2448.
- Sheppard L, Levy D, Norris G, Larson TV, Koenig JQ. Effects of ambient air pollution on nonelderly asthma hospital admissions in Seattle, Washington, 1987-1994. *Epidemiology* 1999;10:23-30.
- Simkhovich BZ, Kleinman MT, Kloner RA. Air pollution and cardiovascular injury. *Epidemiology, Toxicology and Mechanisms* 2008;52:719-726.
- Stansfeld SA, Clark CR, Jenkins LM, Tarnopolsky A. Sensitivity to noise in a community sample. II Measurement of psychophysiological indices. *Psychol Med* 1985;15:255-263.
- Stansfeld SA. Noise, noise sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. *Psychol Med Monograph Suppl* 1992;22:1-44.
- Stansfeld S, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrström E, Haines M, Head J, Hygge S, Kamp I van. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet* 365;9475:1942-1949.
- Suglia SF, Gryparis A, Wright RO, Schwartz J, Wright RJ. Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study. *Am J Epidemiol* 2008;167:280-286.

Thomas JR, Jones DM. Individual differences in noise annoyance and the uncomfortable loudness level. *J Sound Vib* 1988;82:289–304.

Thurston GD, Bates DV. Air pollution as an underappreciated cause of asthma symptoms *JAMA* 2003;290:1915-1917.

Welberg LAM, Thirivikraman KV, Plotsky PM. Chronic maternal stress inhibits the capacity to up-regulate placental 11 $\beta$ -HSD2 activity. *Journal of Endocrinology* 2005:185 R7-R12.

WHO Night Noise Guidelines (NNGL) for Europe. World Health Organisation (WHO) 2009, Kopenhagen, Denemarken.

Zanobetti A, Schwartz J. Cardiovascular damage by airborne particles: are diabetics more susceptible? *Epidemiology* 2002;13:588-592.

Zanobetti A, Schwartz J. Particulate air pollution, progression, and survival after myocardial infarction. *Environ Health Persp* 2007;115:769-775.

Zimmer K, Ellermeier W. Psychometric properties of four measures of noise sensitivity: a comparison. *J Environ Psychol* 1999;19:295-302.

## 2 Deelstudie 1: Effecten van wegverkeergeluid gedurende de zwangerschap op moeder en kind

concept

*Yvonne de Kluizenaar<sup>1</sup>, Sabine Janssen<sup>1</sup>, Jamie Graham<sup>1</sup>, Edith van den Hooven<sup>1,2,3</sup>, Henk Vos<sup>1</sup>, Eric Steegers<sup>4</sup>, Albert Hofman<sup>3</sup>, Vincent Jaddoe<sup>2,3,5</sup>*

<sup>1</sup> Urbane Leefomgeving, Milieu & Leefomgeving, TNO, Delft

<sup>2</sup> De Generation R Study Group, Erasmus MC, Rotterdam

<sup>3</sup> Afdeling Epidemiologie, Erasmus MC, Rotterdam

<sup>4</sup> Afdeling Verloskunde en Vrouwenziekten, Erasmus MC, Rotterdam

<sup>5</sup> Afdeling Kindergeneeskunde, Erasmus MC, Rotterdam

### 2.1 Inleiding

Bij het streven naar een gezonde leefomgeving is het van belang rekening te houden met de diversiteit van de bevolking. Er bestaan grote individuele verschillen in gevoeligheid. Er zijn delen van de bevolking aan te wijzen die op grond van bepaalde kenmerken potentieel meer gezondheidseffecten zullen ondervinden van blootstelling aan geluid in de leefomgeving dan de in de ‘algemene bevolking’. Een van de groepen die bijzondere aandacht verdient zijn zwangere vrouwen en het ongeboren kind. Zwangerschap is een periode waarin de ‘normale’ hormonale huishouding van de aanstaande moeder veranderd, en waardoor de vrouwen mogelijk (tijdelijk) gevoeliger zijn voor de gevolgen van geluidblootstelling. Zwangere vrouwen ondervinden relatief vaak slaapproblemen, zoals het minder diep slapen en vaker tussentijds wakker worden (Hertz et al., 1992; Lee & Gay, 2004; Dzaja et al., 2005; Skouteris et al., 2009). Uit een Spaans onderzoek bleek 13.1 % van de 855 ondervraagde zwangere vrouwen ernstig gehinderd te zijn door omgevingsgeluid (Llop et al., 2008). Samen duiden deze bevindingen erop dat zwangere vrouwen mogelijk (tijdelijk) gevoeliger zijn voor geluid in hun omgeving. Bovendien treffen de mogelijke effecten niet alleen de moeder, maar tevens ook de ontwikkeling van het ongeboren kind, wat belangrijke gevolgen kan hebben op latere pathofysiologie (Welberg et al., 2005; Sekl & Holmes, 2007).

Deze deelstudie richt zich op gezondheidseffecten bij zwangere vrouwen en het ongeboren kind als gevolg van blootstelling aan wegverkeergeluid. Wegverkeer is een belangrijke bron van geluid in de lokale leefomgeving. Blootstelling aan omgevingsgeluid kan werken als een stressor. Eerdere onderzoeken bij niet-zwangere volwassenen laten een breed spectrum aan effecten van wegverkeergeluid zien. Zo zijn effecten van vliegtuig- en wegverkeergeluid gevonden op subjectieve hinder (Miedema & Oudshoorn, 2001), slaapverstoring (Miedema & Vos, 2007) en ochtendmoeheid (de Kluizenaar, 2009). Ook zijn tijdens de slaap ten gevolge van geluidblootstelling veranderingen in hersenactiviteitspatronen (Basner et al., 2006), toename aan fijne lichaamsbewegingen (Horne et al., 1994; Fidell et al., 2000), ontwaken (Thiessen, 1978; Fidell et al., 2000; Basner et al., 2006), en kortdurende veranderingen in de hartslag (Öhrström & Björkman, 1988; Di Nisi et al., 1990; Carter et al., 2002; Griefahn et al., 2008; Graham et al., 2009) gevonden. Verondersteld wordt dat dit type reacties gepaard gaat met een toename in activiteit van het sympathisch zenuwstelsel. Een chronische situatie van stress gerelateerde verhoging van sympathische activiteit zou kunnen leiden tot een biologische risicofactor, zoals verhoogde bloeddruk, welke zich uiteindelijk kan manifesteren in een cardiovasculaire aandoening (Babisch et al., 2001; Babisch, 2004). Een toenemende hoeveelheid wetenschappelijk onderzoek laat dan ook een verband zien tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en stressgerelateerde gezondheidseffecten, waaronder hypertensie en cardiovasculaire aandoening (Passchier-Vermeer, 1993; van



Kempen 2002; Gezondheidsraad, 2004; Babisch et al., 2005; de Kluizenaar et al., 2007; Jarup et al., 2008; Babisch et al., 2008; Selander et al., 2009).

Geluidblootstelling tijdens de zwangerschap zou ook een mogelijke oorzaak van prenatale stress bij de moeder kunnen zijn, wat ook voor het ongeboren kind een mogelijk gezondheidsrisico vormt. Stress leidt niet alleen tot een toename van sympathisch zenuwstelsel activiteit, maar ook tot activatie van de HPA-as (hypothalamus-hypofyse-bijnier), waardoor corticosteroiden en catecholamines uitgescheiden worden die mogelijk bijdragen aan de ontwikkeling van zwangerschapshypertensie en pre-eclampsie (Vollebergt et al., 2007). Prenatale stress heeft ook gevolgen voor het ongeboren kind. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat stress bij de moeder tijdens de zwangerschap samenhangt met verminderde placentafunctie, en daardoor met een verminderde groei en ontwikkeling van de foetus (Mulder et al., 2002, Welberg et al., 2005). Prenatale stress bij de moeder hangt ook samen met vroeggeboorte, laag geboortegewicht, verminderde hoofdomvang en zelfs misvorming (Mulder et al., 2002). Ook de ontwikkeling van zwangerschapshypertensie is geassocieerd met verminderde groei van de placenta en ook met verminderde foetale groei (Bleker et al., 2006).

In de huidige studie worden de effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid op een aantal eindmaten en geboorte-uitkomsten bij moeder en kind onderzocht. Zo zijn bij de moeder de effecten van geluid op systolische en diastolische bloeddruk tijdens de zwangerschap (1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, en 3<sup>e</sup> trimesters), de pulsatiliteits- en weerstandsindexen van de baarmoederslagader (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimesters), en de prevalentie van zwangerschapshypertensie onderzocht. Van foetus/kind zijn de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex (2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimesters), het gewicht van de placenta bij geboorte, en de verhouding tussen het placentagewicht en het lichaamsgewicht van het kind bij geboorte onderzocht. Tot heden is relatief weinig bekend van de gevolgen van stressoren zoals omgevingsgeluid gedurende de zwangerschap op moeder en kind. Zo zijn relaties tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en laag geboortegewicht (Knipschild et al., 1981; Ando, 1988; Coblenz et al., 1990), en tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en een verhoogde kans op vroeggeboorte (Rehm & Jansen, 1978; Schell, 1981) gerapporteerd. Echter, deze bevindingen moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden, aangezien geluidblootstelling zeer grof werd bepaald en niet altijd goed rekening werd gehouden met mogelijke versturende variabelen. Daarom wordt tijdens het huidige onderzoek de geluidblootstelling nauwkeurig berekend, en tevens wordt aandacht besteed aan de mogelijkheid dat een eventuele invloed afhankelijk is van etniciteit of sociaal-economische status.

## 2.2 Methode

### 2.2.1 Studie populatie en steekproef

Het onderzoek dat hier beschreven wordt is geïntegreerd in de Generation R studie. Generation R is een lopende geboortecohortstudie onder leiding van het Erasmus Medisch Centrum. Generation R is een prospectieve populatie studie die is opgezet om gegevens te verzamelen vanaf de zwangerschap tot de jongvolwassenheid. De Generation R studie beoogt vroege omgevings- en genetische determinanten van groei, ontwikkeling en gezondheid te identificeren en is elders in detail beschreven (Jaddoe et al., 2007; Jaddoe et al., 2008). Het multi-etnische studiecohort bestaat uit een representatieve steekproef van bijna 10.000 moeders en hun kinderen woonachtig in Rotterdam. Inclusie van moeders vond bij voorkeur plaats tijdens de vroege zwangerschap (zwangerschapsduur <18 weken) maar was mogelijk tot aan de geboorte van het kind. Alle kinderen van dit geboortecohort werden geboren tussen april 2002 en

januari 2006 en worden momenteel gevolgd tot aan de jong volwassenheid. In totaal zijn 9.778 deelnemers geïncludeerd in Generation R, waarvan 7.295 personen schriftelijk toestemming gaven voor postnatale participatie van hun kinderen. Het onderzoek is goedgekeurd door de Medisch Ethische Commissie van het Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam. Alle deelnemers van het onderzoek hebben schriftelijk toestemming gegeven (Jaddoe et al., 2007; Jaddoe et al., 2008).

### 2.2.2 *Gezondheidsmaten*

Voor het huidige onderzoek zijn bij de moeders en foetussen/kinderen een aantal gezondheidsmaten en geboorte-uitkomsten onderzocht.

Tijdens het 2<sup>e</sup> trimester van de zwangerschap (gepland rond 20 weken zwangerschapsduur), en tijdens het 3<sup>e</sup> trimester van de late zwangerschap (gepland rond de 30 weken zwangerschapsduur) zijn in het onderzoekscentrum bij alle moeders ultrasonische onderzoeken verricht. Tijdens deze onderzoeken zijn de uteroplacentale vasculaire weerstanden bepaald door middel van de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex (UmA\_PI), de baarmoederslagader pulsatiliteitsindex (UtA\_PI) en de baarmoederslagader weerstandsindex (UtA\_RI). Bij alle Doppler metingen zijn kleuren beeldweergaves gebruikt. Voor elke meting zijn drie opeenvolgende golfpatronen vastgelegd doormiddel van gepulseerd Doppler ultrasoon geluid, en het gemiddelde benut in de verdere analyses. Bij 13,7% van de vrouwen bij wie Doppler ultrasoon geluid metingen zijn afgenomen was er bij intake van de studie sprake van ernstig overgewicht (BMI $\geq$ 30 kg/m<sup>2</sup>). Omdat er significante verschillen in de metingen tussen vrouwen met een BMI $<$ 30 en vrouwen met een BMI $\geq$ 30 zijn gevonden, is het effect van het meenemen, dan wel weglaten, van vrouwen met een BMI  $\geq$  30 in de analyses van UtA\_PI en UtA\_RI nader onderzocht.

Systolische (SBP) en diastolische (DBP) bloeddruk van de moeder werden tijdens de 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, en 3<sup>e</sup> trimesters van de zwangerschap gemeten met behulp van het gevalideerde Omron 907 automatische, digitale oscillometrische sphygmomanometer (OMRON Healthcare Europe BV, Hoofddorp, Nederland). De bloeddrukmeting zijn uitgevoerd met een manchet van 22-32 cm om de bovenarm van de niet-dominante arm met het middellijn van de manchet over de pulsus van de brachiale arterie, terwijl de arm door middel van ondersteuning ter hoogte van het hart werd stil gehouden. In gevallen waarbij de omtrek van de bovenarm groter was dan 33 cm, is een grotere manchet (32-42 cm) gebruikt. Bloeddruk werd berekend als het gemiddelde tussen twee aparte metingen gedurende een interval van één minuut. De aanwezigheid van zwangerschapshypertensie werd vastgesteld wanneer, na een zwangerschapsduur van 20 weken, er op twee aparte meetmomenten een bloeddruk  $\geq$  140/90 mmHg werd gemeten bij een voorheen niet hypertensieve vrouw.

Het gewicht van de placenta en het lichaamsgewicht (geboortegewicht) van het kind zijn na geboorte direct opgemeten.

### 2.2.3 *Covariaten*

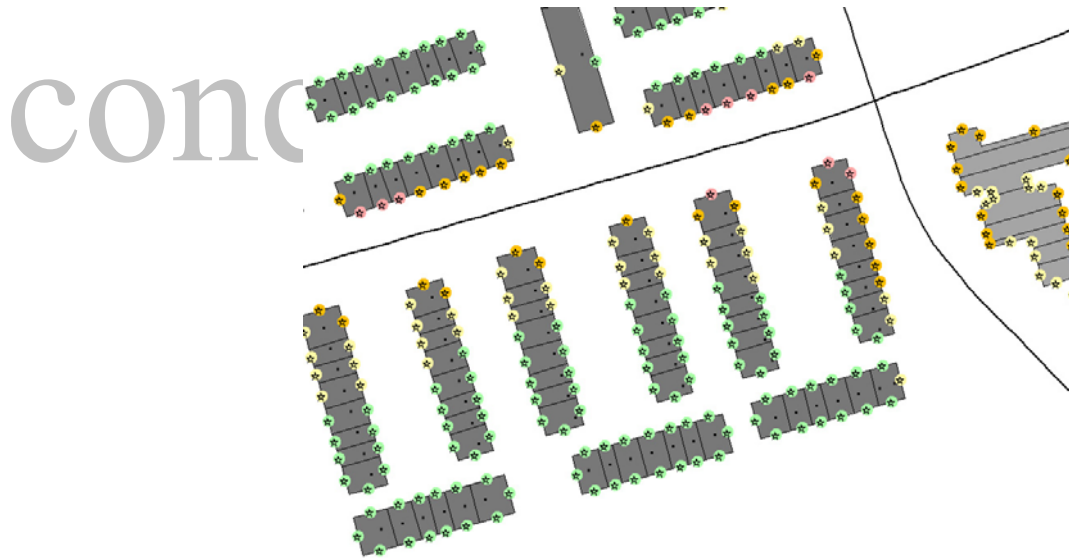
Gegevens over persoonskenmerken van de moeder (bv. leeftijd, etniciteit, opleidingsniveau, pariteit [het aantal kinderen dat door een vrouw levend ter wereld is gebracht], nuttigen van alcohol, roken, burgerlijke staat zijn vanuit een vragenlijst afgeleid. Gewicht en lichaamslengte van de moeder zijn bij intake gemeten, om daarmee de 'body-mass index'(BMI, kg/m<sup>2</sup>) te berekenen. Gegevens over buurtgemiddeld inkomen per inkomenontvanger (in kEuro, als indicator van buurt socio-economische status (SES)), zijn afkomstig uit de 'Kerncijfers Wijken & Buurten' via het Statline database van het CBS.

#### 2.2.4 Blootstellingsbepaling: wegverkeergeluid

Om de effecten van langdurige blootstelling aan omgevingsgeluid te onderzoeken in epidemiologische studies, moet voor het grote aantal deelnemers aan het onderzoek individueel de blootstelling bepaald worden. TNO heeft een instrument ontwikkeld (Urbis) om de blootstellingen te berekenen voor omgevingsgeluid. Urbis combineert state-of-the-art geluid transmissie modellen (Standaard Karterings Methode 2, SKM2) in overeenstemming met de EU Environmental Noise Directive (END) met behulp van Geografische Informatie Systemen (GIS) (Arc/Info). Urbis is gebruikt om voor alle adressen in het studiegebied van de Generation R studie (Rotterdam Noord) de blootstelling aan wegverkeergeluid aan de gevel van de woning te bepalen (zie Figuur 3.1). Deze blootstellingen zijn vervolgens gekoppeld aan de Generation R database.

Voor de berekeningen werd de EU standaard geluidmaat  $L_{den}$  (dag, avond, nacht niveau) gebruikt.  $L_{den}$  is een 'gemiddeld' geluidniveau over 24 uur, waarbij geluidniveaus in de avond en nacht worden verhoogd met respectievelijk 5 dB(A) en 10 dB(A). SKM2 is een geavanceerde versie van de Nederlandse standaard methode voor geluidmodellering en het maken van geluidkaarten (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer [VROM], 2004). SKM2 is geïmplementeerd in Urbis (Borst and Miedema, 2005), het instrument waarmee de geluidblootstellingen zijn berekend voor dit onderzoek. Geluidberekeningen werden in twee stappen uitgevoerd: eerst de emissie en daarna de transmissie. De emissie berekeningen houden rekening met verkeerskenmerken, waaronder verkeersintensiteit, de samenstelling van het verkeer (het percentage motoren, licht, middelzwaar, en zwaar vrachtverkeer), snelheid, hoogte van de weg, en het type wegdek. De transmissie berekeningen houden rekening met de afstand tussen de bron (de weg) en de gevel van de woning, absorptie door de lucht en bodem, effecten van de jaarlijkse meteorologische condities, afscherming door objecten, reflectie door objecten tegenover de woning, en statische diffractie voor de transmissie. De geluidbelasting werd berekend midden op de gevel van de woningen. Lage geluidniveaus (<45 dB(A)) werden geregistreerd als 45 dB(A), omdat dit geluidniveau wordt beschouwd als de ondergrens voor omgevingsgeluid in de stedelijke omgeving.

Input voor de emissieberekeningen voor geluid zijn gedetailleerde digitale kaarten, die voor ieder wegsegment de verkeerskenmerken beschrijven. De geografische locatie van de wegen op deze kaarten werd gehaald uit het nationaal Wegenbestand (NWB; dit bevat alle straten, provinciale wegen en snelwegen), dat verkregen werd bij VROM/DGR. Gegevens over de verkeersstromen behorend bij ieder wegsegment werd verkregen bij de Gemeente Rotterdam. Deze gegevens waren beschikbaar voor het uitgebreide wegennet, waaronder snelwegen, provinciale wegen, doorgaande wegen, en hoofdwegen in woonwijken. De basis voor de transmissie berekeningen voor geluid zijn digitale kaarten met gedetailleerde informatie over de geografische locatie van gebouwen alsmede de eigenschappen van de bodem (Topografische Service Data) [TOP10]; verkregen bij VROM/DGR). Informatie over de gebouwhoogte kwam uit het "Actual Height Information Netherlands" (AHN) database, een 5 x 5-m raster met hoogte informatie gebaseerd op laser hoogtemetingen. Ook werd geografische informatie over de plaats en hoogte van geluidschermen bij de gemeente verkregen. De geografische locatie van gevels van woningen werd afgeleid uit de gebouwcontouren, die werden ingedeeld in woningen op basis van de adrescoördinaten beschikbaar gesteld door de gemeente Rotterdam.



**Figuur 3.1** Voorbeeld van receptorpunten op de gevels van woningen, en een indicatie van de berekende geluidniveaus (aangegeven in kleur).

### 2.2.5 Statistische analyse

De mogelijke relaties tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid aan huis ( $L_{den}$ ) en de tijdens de zwangerschap gemeten cardiovasculaire eindmaten bij de moeders en de foetussen, alsmede een tweetal geboorte-uitkomsten van de kinderen, zijn cross-sectioneel onderzocht door middel van multiple lineaire en logistische regressie analyses. De relaties tussen wegverkeergeluid en de verschillende eindmaten zijn op elk van de drie gemeten tijdstippen tijdens de zwangerschap (1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> trimesters, respectievelijk T1, T2 en T3) apart onderzocht. Ook is, op longitudinale wijze, het verloop van de verandering in bloeddruk (zowel systolisch als diastolisch) bij de moeder gedurende de zwangerschap onderzocht. Echter, de hier gepresenteerde resultaten zullen zich tot de uitkomsten van de cross-sectionele analyses beperken.

Bij de kinderen zijn in totaal drie eindmaten onderzocht, namelijk de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex (in T2 en T3), het gewicht van de placenta bij geboorte, en de verhouding tussen het gewicht van de placenta bij geboorte en het lichaamsgeboortegewicht. Bij de moeders zijn in totaal vijf eindmaten onderzocht: de systolische en diastolische bloeddruk (elk tijdens T1, T2 en T3), de baarmoederslagader pulsatiliteitsindex en weerstandsindex (elk tijdens T2 en T3), en de incidentie van zwangerschapshypertensie tijdens T3 (afgeleid uit de bloeddrukmetingen).

De eerste fase van de analyse bestond uit het verkrijgen van een algemene indruk van de mogelijke verbanden tussen de eindmaten (c.q. de cardiovasculaire eindmaten en de geboorte-uitkomsten), de hoofdvoorspellende variabele (c.q. blootstelling aan wegverkeergeluid) en de mogelijke covariaten (bv. geslacht van het kind, etniciteit van de moeder, etc.). Hiervoor zijn de gemiddelden van de eindmaten en de mogelijke covariaten tussen de laag belaste (<55 dB) en de hoog belaste ( $\geq 55$  dB) deelnemers onderling vergeleken, waarbij het verschil statistisch is getoetst met behulp van een Mann-Whitney U test. Ook zijn de verdelingen van elk van de onderzochte cardiovasculaire eindmaten en de geboorte-uitkomsten grafisch onderzocht, waarvoor er per 5dB klasse

aan geluidbelasting een gemiddelde waarde, met bijhorende 95% betrouwbaarheidsinterval, is berekend.

concept

De tweede fase van de analyse bestond uit de regressie analyses zelf. Voor elke cardiovasculaire eindmaat en geboorte uitkomst zijn twee modellen getoetst. Binnen het eerste model werd alleen de relatie tussen de betreffende eindmaat en de geluidbelastingmaat ( $L_{den}$ ) getoetst, en levert dus alleen ongecorrigeerde resultaten op. Binnen het tweede model van elke eindmaat werd er additioneel voor kenmerken van het kind en de moeder, alsmede een aantal eigenschappen van het sociale milieu gecorrigeerd. De additionele factoren (c.q. covariaten) waarvoor gecorrigeerd is, waren: de zwangerschapsduur op het moment van testen (c.q. bij geboorte), geslacht van foetus/kind, de leeftijd, opleidingsniveau, pariteit, BMI, en burgerlijke staat van de moeder bij intake, de etniciteit van de moeder, het door de moeder nuttigen van rookwaren of van alcoholische dranken (tijdens de zwangerschap), het buurtgemiddeld inkomen per inkomenontvanger (als indicator voor socio-economische status van de buurt). De volgende mogelijke covariaten zijn als continue variabelen aan de modellen toegevoegd: de zwangerschapsduur op het moment van testen (c.q. bij geboorte), leeftijd van de moeder bij intake, en buurtgemiddelde inkomen. Alle overige mogelijke covariaten werden als categorische variabelen aan de modellen toegevoegd. Alle missende waardes zijn in de analyses 'listwise' uitgesloten. Voor de zwangerschapshypertensie eindmaat ( $ZHT$ ) werd een logistische regressie analyse uitgevoerd. Voor alle overige eindmaten zijn lineaire regressie analyses uitgevoerd. Om mogelijke bronnen van multicollineariteit op te sporen (bijvoorbeeld bij een correlatie  $R > 0.50$ ), zijn ook de onderlinge univariate Pearson correlaties tussen de mogelijke covariaten, en tussen de maat van wegverkeergeluid blootstelling en de mogelijke covariaten, berekend.

Vervolgens zijn dezelfde analyses gedaan voor verschillende deelgroepen binnen de gehele steekproef. Enerzijds is binnen deelgroepen gekeken waarvan voorafgaand verwacht wordt dat zij mogelijk sterkere effecten laten zien van verkeergeluid. Anderzijds is binnen grote homogene deelgroepen gekeken, om analyses te kunnen uitvoeren waarin de (mogelijke) verstoring door bv. door personeigenschappen en andere factoren, beperkter is. Als homogene deelgroep is gekozen voor de groep etnisch Nederlandse moeders en kinderen, waarvan de moeder een middelbaar opleidingsniveau heeft. Een mogelijk sterker op wegverkeergeluid reagerende deelgroep is de groep kinderen/moeders die in een woning wonen die niet over een stille zijde beschikt, zodat zij niet over de mogelijkheid beschikken om binnenshuis voor het geluid te kunnen 'vluchten'. Wanneer de blootstelling van een woning aan de volgende criteria voldeed, werd aangenomen dat deze over een stille zijde beschikte: blootstelling aan wegverkeergeluid op de meest belaste gevel maximaal 45 dB (max.  $L_{den} \leq 45$  dB) en blootstelling op de minst belaste gevel maximaal 40 dB (min.  $L_{den} \leq 40$  dB), met een onderling verschil van maximaal 10 dB (max.  $L_{den} - \text{min. } L_{den} \leq 10$  dB).

De resultaten zijn in het geval van lineaire regressie weergegeven als regressie coëfficiënten. In het geval van logistische regressie zijn de resultaten weergegeven als 'odds ratios' (OR). In beide gevallen zijn de bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen ('confidence intervals') weergegeven. De regressie coëfficiënten geven een verandering in de eindmaat per eenheid toename (c.q. afname) blootstelling aan wegverkeergeluid weer. Odds ratios geven een benadering van het relatieve risico weer. De regressie coëfficiënten en de odds ratios zijn zowel ongecorrigeerd (zonder correctie voor persoonskenmerken) als ook gecorrigeerd (met

correctie voor persoonskenmerken) weergegeven. Een significantieniveau van  $P \leq 0.05$  werd beschouwd als indicatief van een significant verband. Een  $P \leq 0.10$  werd aangenomen als een mogelijke trend. De statistische analyses waren uitgevoerd met behulp van het statistisch software pakket SPSS versie 16.0 voor Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## 2.3 Resultaten

### 2.3.1 *Beschrijvende karakteristieken*

Tabellen 3.1a en 3.1b geven doormiddel van beschrijvende statistieken (bv. aantallen, gemiddelden met standaard deviaties, of percentages) een overzicht van de algemene kenmerken, cardiovasculaire eindmaten en de geboorte-uitkomsten van de deelnemende moeders en hun kinderen, op elk van de gemeten tijdstippen, weer. Geen van de onderlinge correlaties tussen de mogelijke covariaten, nog de correlaties tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en de mogelijke covariaten, waren  $R \geq 0.50$ , wat de kans op problemen tijdens de regressie analyses wegens multicollineariteit verkleint.

**Tabel 3.1a.** Beschrijvende statistieken van de eigenschappen van de deelnemende moeders en hun kinderen gedurende verschillende tijdstippen in de studie.

| Deel-nemer   |   | Eigenschappen | N          | Tijdstip tijdens studie |                               |                               |                               |
|--|---|---------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  |   |               |            | Bij intake              | 1 <sup>e</sup> trimester (T1) | 2 <sup>e</sup> trimester (T2) | 3 <sup>e</sup> trimester (T3) |
| Kind   | Zwangerschapsduur bij moment van test ( <i>weken</i> )          | -             | 15.7 (4.4) | 13.5 (2.0)              | 20.6 (1.2)                    | 30.4 (1.1)                    |                               |
|  |   |               | [N = 8880] | [N = 6752]              | [N = 8265]                    | [N = 8336]                    |                               |
|  | Geslacht (% <i>vrouwelijk</i> )                                 | 9486          | 49.3       | -                       | -                             | -                             |                               |
| Moeder   | Leeftijd, bij intake ( <i>jaren</i> )                           | 9778          | 29.9 (5.4) | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Etniciteit (% <i>Nederlands / Kaukasisch</i> )                  | 8750          | 58.9       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Opleidingsniveau (%)  | 8559          | -          | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Lager of geen   | 962           | 11.2       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Middelbaar  | 3936          | 46.0       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Hoger   | 3661          | 42.9       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Pariteit (% <i>nulliparous</i> )                                | 9521          | 55.0       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Body-mass index ( <i>BMI, kg/m<sup>2</sup></i> )                | -             | 24.9 (4.6) | 24.5 (4.4)              | 25.7 (4.4)                    | 27.5 (4.4)                    |                               |
|  |   |               |            | [N = 8810]              | [N = 6711]                    | [N = 8177]                    | [N = 7772]                    |
|  | Roken (%)   | 7659          | -          | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Nooit   | 4484          | 58.5       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Alleen vooraf zwangerschap                                      | 1237          | 16.2       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Tijdens zwangerschap <sup>a</sup>                               | 1938          | 25.3       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Alcohol nuttigen (%)  | 7667          | -          | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Nooit   | 2388          | 31.1       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Alleen vooraf zwangerschap                                      | 1448          | 18.9       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Tijdens zwangerschap <sup>a</sup>                               | 3831          | 49.9       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Burgerlijke staat (% <i>Gehuwd / samenwonend</i> )              | 8567          | 85.5       | -                       | -                             | -                             |                               |
|  | Buurtgemiddelde jaarlijks inkomen per verdiener ( <i>kEUR</i> ) | 8596          | 18.5 (3.4) | -                       | -                             | -                             |                               |
| 'Dag-avond-nacht' wegverkeergeluid blootstelling, <i>L<sub>den</sub> (dB(A))</i> | 8726  | 54.2 (7.5)    | -          | -                       | -                             |                               |                               |

Statistieken worden weergegeven als gemiddelden (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.

<sup>a</sup> Hieronder vallen: door blijven roken tot dat de zwangerschap bekend was, en door blijven roken tijdens de zwangerschap.

**Tabel 3.1b.** Beschrijvende statistieken van de cardiovasculaire en geboorte-uitkomsten zoals gemeten tijdens het verloop van de studie

concept

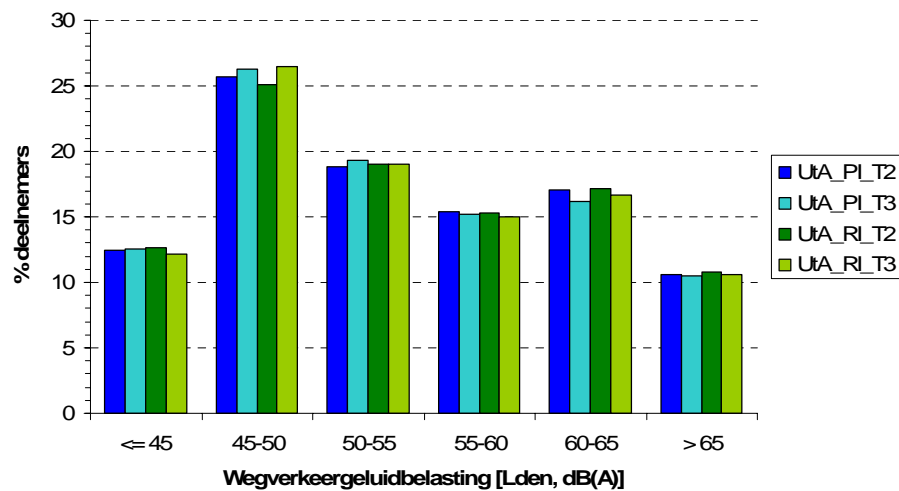
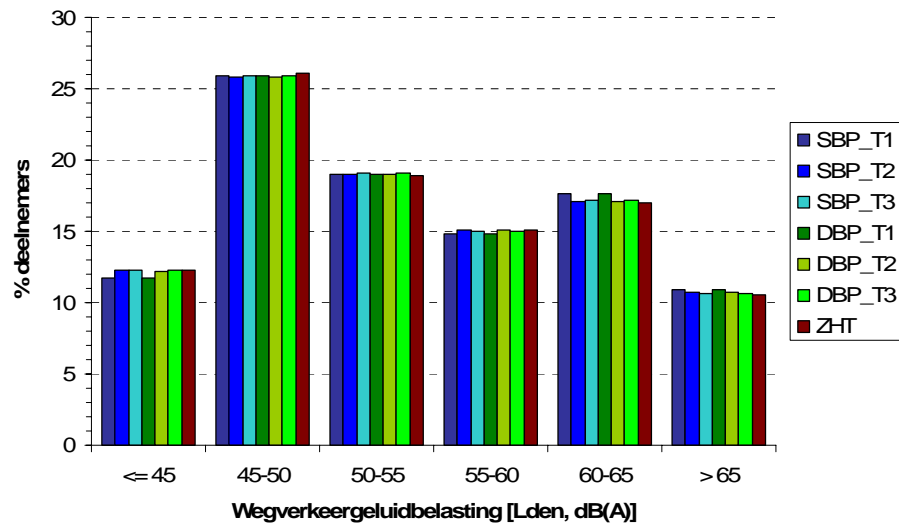
| Deelnemer | Cardiovasculaire en geboorte-uitkomsten                      | N    | Tijdstip tijdens studie |                               |                               |                               |
|-----------|--|------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           |  |      | Bij geboorte            | 1 <sup>e</sup> trimester (T1) | 2 <sup>e</sup> trimester (T2) | 3 <sup>e</sup> trimester (T3) |
| Kind      | Navelstrengslagader pulsatiliteitsindex ( <i>UmA_PI</i> )    | -    | -                       | -                             | 1.20 (0.22)<br>[N = 6202]     | 0.98 (0.18)<br>[N = 6705]     |
|           | Placentagewicht bij geboorte ( <i>PW, gram</i> )             | 6228 | 635.4 (149.2)           | -                             | -                             | -                             |
|           | Verhouding placentagewicht / geboortegewicht ( <i>PWGW</i> ) | 6217 | 0.19 (0.04)             | -                             | -                             | -                             |
| Moeder    | Systolische bloeddruk ( <i>SBP, mmHg</i> )                   | -    | -                       | 115.6 (12.3)<br>[N = 6684]    | 116.7 (12.1)<br>[N = 8209]    | 118.2 (12.1)<br>[N = 8231]    |
|           | Diastolische bloeddruk ( <i>DBP, mmHg</i> )                  | -    | -                       | 68.3 (9.6)<br>[N = 6684]      | 67.2 (9.4)<br>[N = 8207]      | 69.1 (9.4)<br>[N = 8230]      |
|           | Baarmoederslagader pulsatiliteitsindex ( <i>UtA_PI</i> )     | -    | -                       | -                             | 0.90 (0.28)<br>[N = 3831]     | 0.74 (0.20)<br>[N = 3815]     |
|           | Baarmoederslagader weerstandsindex ( <i>UtA_RI</i> )         | -    | -                       | -                             | 0.54 (0.09)<br>[N = 4615]     | 0.49 (0.12)<br>[N = 4507]     |
|           | Zwangerschapshypertensie ( <i>ZHT, %</i> )                   | 8575 | -                       | -                             | -                             | 3.7                           |

Statistieken worden weergegeven als gemiddelden (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.



## 2.3.2 Blootstelling

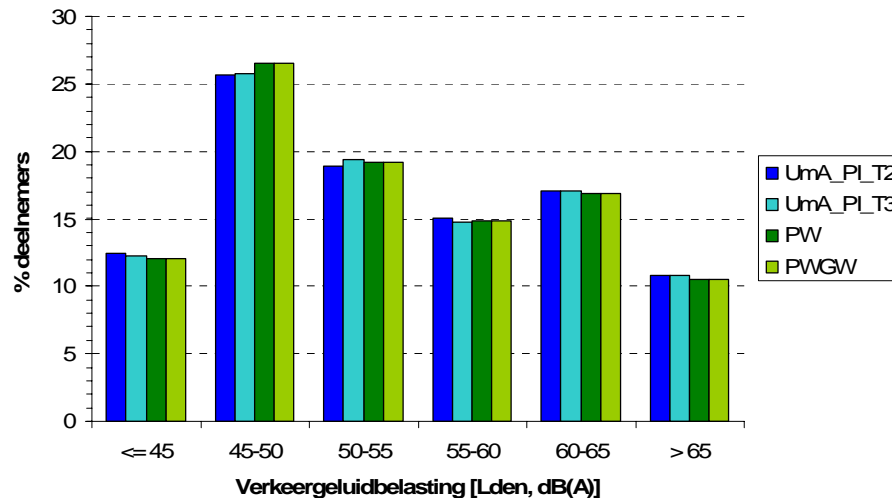
Figuren 3.2a en 3.2b tonen respectievelijk voor de bloeddruk eindmaten, en voor de pulsatiliteits- en weerstandseindmaten, de verdeling van de deelnemers over de blootstelling aan wegverkeersgeluid (per 5 dB categorie).



**Figuur 3.2a** (boven) –Verdeling van het percentage deelnemers per eindmaat, per blootstellingcategorie, voor de bloeddrukmetingen bij de moeders.

**Figuur 3.2b** (onder) –Verdeling van het percentage deelnemers per eindmaat, per blootstellingcategorie, voor de ultrasonische meting bij de moeders.

Figuur 3.3 is gelijk aan Figuren 3.2a of 3.2b, alleen wordt hier een overzicht van de blootstelling van de bij foetus/kind gemeten eindmaten weergegeven. In alle drie figuren is te zien is dat de verschillen tussen de diverse eindmaten (of binnen een geluidscategorie) zeer klein zijn, en dat het verschil over de geluidscategorieën heen vergelijkbaar is. Ook is te zien dat ongeveer 12 % van de deelnemers zijn blootgesteld aan niveaus gelijk aan of onder de 45 dB; een niveau dat als de stadsachtergrond niveau beschouwd word. Nog eens 10% van de deelnemers zijn blootgesteld aan hele hoge geluidsniveaus (> 65 dB).



**Figuur 3.3** –Verdeling van het percentage deelnemers per eindmaat, per blootstellingcategorie, voor de bij de foetussen/kinderen gemeten eindmaten.

Tabel 3.2 geeft een overzicht van de cardiovasculaire eindmaten en de geboortevolatkomsten, samen met een overzicht van de kenmerken van de deelnemer, uiteengezet tussen een aan wegverkeergeluid laag belaste (< 55 dB) deelgroep, versus een aan wegverkeergeluid hoog belaste ( $\geq$  55 dB) deelgroep. De tabel laat zien dat de moeders in de hoog belaste groep (ten opzichte van moeders in de laag belaste groep) vaker hoger zijn opgeleid, minder kinderen hebben gebaard, minder vaak overgewicht hebben, vaker alcohol hebben benut tijdens de zwangerschap, vaker samenwonend of getrouwd zijn, en in buurten wonen met een hoger gemiddeld inkomen. Ook hebben de aan wegverkeergeluid hoog belaste moeders, en daardoor ook hun kinderen, vaker de Nederlandse etniciteit vergeleken met de laag belaste moeders en kinderen. Tabel 3.2 geeft ook een grove inschatting van de mogelijke aanwezigheid van effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid op de cardiovasculaire en geboortevolatkomsten. Te zien is dat de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex tijdens het 2<sup>e</sup> trimester statistisch significant lager is in de hoog belaste groep dan in de laag belaste groep. Ook zijn de baarmoederslagader pulsatiliteitsindex en weerstandsindex tijdens het 3<sup>e</sup> trimester significant lager in de hoog belaste groep. Alle overige eindmaten lijken geen statistisch verschil te tonen tussen deze hoog en laag belaste groepen.

**Tabel 3.2.** Vergelijking van de cardiovasculaire eindmaten, de geboorte-uitkomsten, en de eigenschappen van de moeders en hun kinderen tussen een aan wegverkeergeluid hoog en laag belaste groep

| <i>Deelnemer</i> <i>Cardiovasculaire eindmaat &amp; geboorte-uitkomsten</i> |  | <i>Blootstelling aan wegverkeergeluid</i> |                               |     |
|---|--|---|-------------------------------|-----|
|   |  | <i>L<sub>den</sub> &lt; 55 dB</i>         | <i>L<sub>den</sub> ≥ 55dB</i> |     |
| Kind  | Navelstrengslagader pulsatileitsindex, 2 <sup>e</sup> trimester (T2) | 1.21 (0.24) [n = 3231]                    | 1.19 (0.18) [n = 2429]        | **  |
|   | Navelstrengslagader pulsatileitsindex, 3 <sup>e</sup> trimester (T3) | 0.98 (0.18) [n = 3520]                    | 0.98 (0.18) [n = 2624]        | ns  |
|   | Placenta gewicht bij geboorte  | 634.8 (147.7) [n = 3264]                  | 638.6 (151.1) [n = 2385]      | ns  |
|   | Verhouding placental weight/birth weight                             | 0.19 (0.04) [n = 3258]                    | 0.19 (0.04) [n = 2381]        | ns  |
| Moeder  | Systolische bloeddruk, 1 <sup>e</sup> trimester (T1)                 | 115.5 (12.5) [n = 3371]                   | 115.3 (11.8) [n = 2583]       | ns  |
|   | Systolische bloeddruk, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)                 | 116.2 (12.1) [n = 4185]                   | 116.5 (11.7) [n = 3145]       | ns  |
|   | Systolische bloeddruk, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)                 | 118.1 (12.3) [n = 4237]                   | 118.0 (11.5) [n = 3165]       | ns  |
|   | Diastolische bloeddruk, 1 <sup>e</sup> trimester (T1)                | 68.1 (9.6) [n = 3371]                     | 68.0 (9.5) [n = 2583]         | ns  |
|   | Diastolische bloeddruk, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)                | 67.2 (9.5) [n = 4183]                     | 67.1 (9.2) [n = 3154]         | ns  |
|   | Diastolische bloeddruk, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)                | 69.1 (9.5) [n = 4236]                     | 68.8 (9.2) [n = 3165]         | ns  |
|   | Baarmoederslagader pulsatileitsindex, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)  | 0.91 (0.28) [n = 2038]                    | 0.90 (0.28) [n = 1536]        | ns  |
|   | Baarmoederslagader pulsatileitsindex, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)  | 0.75 (0.20) [n = 2082]                    | 0.73 (0.20) [n = 1499]        | **  |
|   | Baarmoederslagader weerstandsindex, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)    | 0.54 (0.09) [n = 2427]                    | 0.54 (0.09) [n = 1846]        | ns  |
|   | Baarmoederslagader weerstandsindex, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)    | 0.49 (0.15) [n = 2430]                    | 0.48 (0.08) [n = 1783]        | *** |
| Zwangerschapshypertensie (%)  | 3.8 [n = 4399]   | 3.5 [n = 3272]                            | ns                            |     |
| <i>Deelnemer</i> <i>Eigenschappen</i>                                       |  | <i>L<sub>den</sub> &lt; 55 dB</i>         | <i>L<sub>den</sub> ≥ 55dB</i> |     |
| Kind  | Geslacht (% vrouwelijk)  | 49.4 [n = 4940]                           | 48.7 [n = 3655]               | ns  |
| Moeder  | Leeftijd, bij intake (jaren)   | 30.0 (5.4) [n = 5024]                     | 30.1 (5.3) [n = 3702]         | ns  |
|   | Etniciteit (% Nederlands / Kaukasisch)                               | 56.9 [n = 4457]                           | 61.8 [n = 3362]               | *** |
|   | Opleidingsniveau (% hoger)   | 42.0 [n = 4353]                           | 47.3 [n = 3291]               | *** |
|   | Pariteit (% multiparous)   | 48.3 [n = 4815]                           | 40.7 [n = 3584]               | *** |
|   | Body-mass index, bij intake (% BMI ≥ 25 kg/m <sup>2</sup> )          | 40.5 [n = 4467]                           | 36.1 [n = 3350]               | *** |
|   | Roken (% Tijdens zwangerschap <sup>a</sup> )                         | 25.1 [n = 3741]                           | 25.0 [n = 2964]               | ns  |
|   | Alcohol nuttigen (% Tijdens zwangerschap <sup>a</sup> )              | 48.8 [n = 3839]                           | 54.0 [n = 2968]               | *** |
|   | Burgerlijke staat (% Gehuwd / samenwonend)                           | 85.3 [n = 4364]                           | 86.9 [n = 3291]               | *   |
| Buurtgemiddelde jaarlijks inkomen per verdiener (kEUR)                      | 18.4 (3.4) [n = 4929]  | 18.6 (3.5) [n = 3667]                     | ***                           |     |

Statistieken worden weergegeven als gemiddelden (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.

Statische vergelijking van de cardiovasculaire eindmaten, de geboorte-uitkomsten en de eigenschappen van de moeders en kinderen tussen beide blootstellingscategorien zijn uitgevoerd met Mann Whitney U tests: ns = niet significant;  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ , \*\*\*  $P \leq 0.001$ .

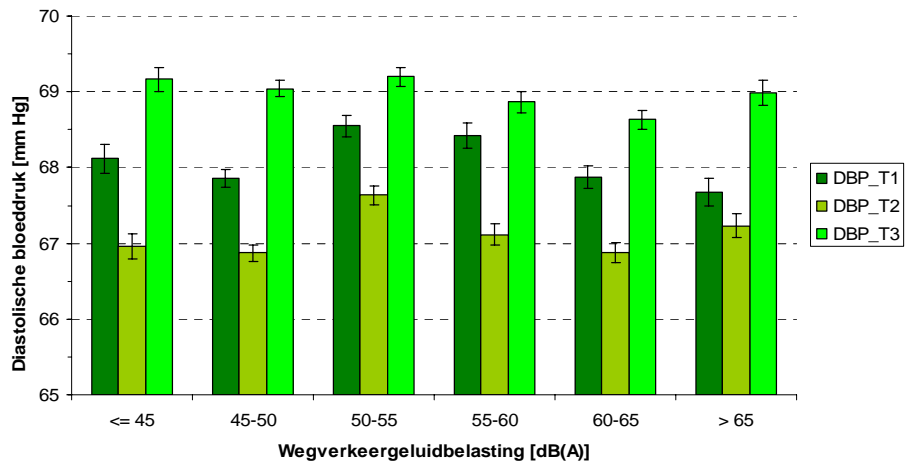
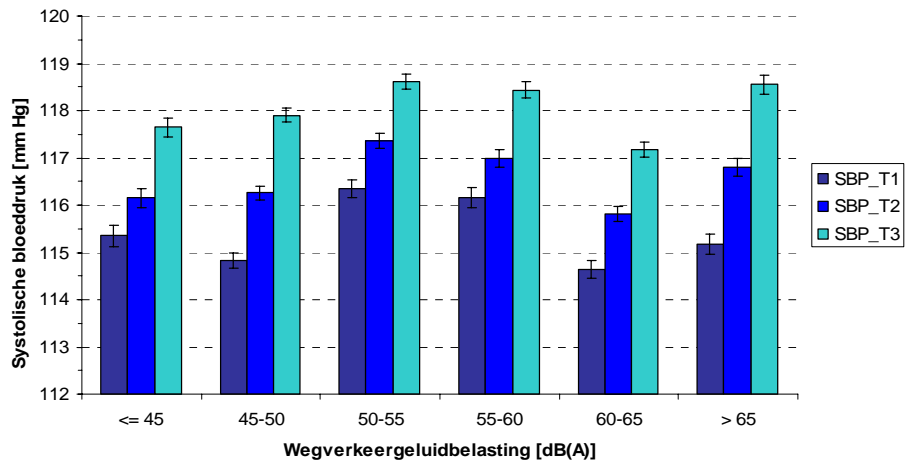
<sup>a</sup> Hieronder vallen door blijven roken tot dat de zwangerschap bekend was, en door blijven roken tijdens de zwangerschap

## concept

### 2.3.3 *Effecten op de moeder*

Figuren 3.4a en 3.4b geven de verdelingen van de gemiddelde systolische en diastolische bloeddruk van de moeders tijdens de drie trimesters van de zwangerschap uitgezet tegen de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5dB categorieën). Uit de figuren is te zien dat de gemeten systolische bloeddruk gedurende de zwangerschap toeneemt, waarbij het verschil tussen het 1<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimester ongeveer 2-3 mm Hg bedraagt. De grootste toename in de systolische bloeddruk gedurende de zwangerschap valt binnen de meest blootgestelde geluidscategorie (> 65 dB). De diastolische bloeddruk laat gedurende de zwangerschap een ander verloop zien. Tijdens het 2<sup>e</sup> trimester is er ten opzichte van het 1<sup>e</sup> trimester een daling in de diastolische bloeddruk, waarna er in het 3<sup>e</sup> trimester weer een verhoging plaats vindt. Een daling van diastolische bloeddruk tijdens het 2<sup>e</sup> trimester is reeds beschreven door Silvia et al. (2008). Met betrekking tot de blootstelling aan wegverkeergeluid is bij zowel de systolische als ook de diastolische bloeddruk geen duidelijk zichtbaar patroon herkenbaar.

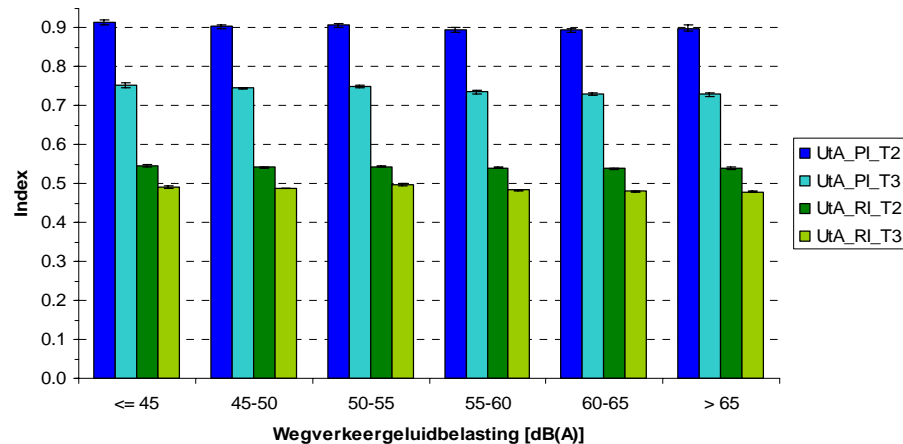
conc



**Figuur 3.4a** (boven) – Verdeling van het systolische bloeddruk per blootstellingcategorie, afgeleid uit de bloeddruk metingen bij de moeders.

**Figuur 3.4b** (onder) – Verdeling van het diastolische bloeddruk per blootstellingcategorie, afgeleid uit de bloeddruk metingen bij de moeders. Data geven per blootstellingcategorie het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval weer.

conc



**Figuur 3.5** –Verdeling van de baarmoederslagader pulsatiliteits- en weerstandsindexen gemeten bij de moeders gedurende het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimester over de blootstelling aan wegverkeergeluid (in categorieën). Data geven per blootstellingcategorie het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval weer.

Figuur 3.5 geeft de verdelingen van de baarmoederslagader pulsatiliteits- en weerstandsindexen uitgezet tegen de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5 dB categorieën) weer. In de figuur is te zien dat zowel de pulsatiliteitsindex, als ook de weerstandsindex, met verloop van de zwangerschap afneemt (tijdens T3 relatief tot T2). Ook uit Figuur 3.5 is geen duidelijk verloop van de pulsatiliteitsindex of weerstandsindex over de geluidscategorieën te herkennen.

### 2.3.3.1 Regressie analyse

In Tabel 3.3 staan de resultaten van de regressie analyse voor de cardiovasculaire eindmaten van de moeders weergegeven. In de tabel zijn de resultaten onderverdeeld in ongecorrigeerde en gecorrigeerde regressie coëfficiënten. Ongecorrigeerd zijn er per 1 dB toename geluidblootstelling ( $L_{den}$ ) twee zeer kleine ( $< -0.01$ ), statistisch significante afnamen van de baarmoederslagader pulsatiliteits- en weerstandsindex in het 3<sup>e</sup> trimester (bij een significantieniveau van  $P < 0.05$ ). Echter, wanneer er in beide modellen voor alle covariaten gecorrigeerd wordt, blijft geen significant effect van wegverkeergeluid meer over. Alle overige ongecorrigeerde en gecorrigeerde modellen laten geen statistisch significant effect van blootstelling aan wegverkeergeluid zien.

Om de gevolgen van een mogelijke meeton nauwkeurigheid tijdens de Doppler ultrasoon geluid meting van UtA\_PI en UtA\_RI bij vrouwen met  $BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$  te onderzoeken, zijn de regressie analyses van UtA\_PI en UtA\_RI herhaald alleen voor vrouwen met  $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$  ( $n=7661$ ). Ook onder deze vrouwen zijn geen significante effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid gevonden op UtA\_PI en UtA\_RI.

**Tabel 3.3.** Ongecorrigeerde en gecorrigeerde niet-gestandaardiseerde regressie coëfficiënten (of odds ratios) van het effect van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op de, bij de moeders, onderzochte cardiovasculaire eindmaten afkomstig uit de multiple lineaire (of logistische) regressie modellen

| Deelnemer | Cardiovasculaire eindmaat   | Ongecorrigeerd |                       | Gecorrigeerd |                   |
|-----------|---|----------------|-----------------------|--------------|-------------------|
|           |   | Parameter      | 95% BI                | Parameter    | 95% BI            |
| Moeder    | Systolische bloeddruk, 1 <sup>e</sup> trimester (T1)                  | -0.01          | (-0.05, 0.03)         | -0.03        | (-0.07, 0.01)     |
|           | Systolische bloeddruk, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)                  | < 0.01         | (-0.03, 0.04)         | < - 0.01     | (-0.04, 0.04)     |
|           | Systolische bloeddruk, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)                  | 0.01           | (-0.03, 0.04)         | < - 0.01     | (-0.05, 0.03)     |
|           | Diastolische bloeddruk, 1 <sup>e</sup> trimester (T1)                 | -0.02          | (-0.05, 0.02)         | -0.02        | (-0.05, 0.02)     |
|           | Diastolische bloeddruk, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)                 | < -0.01        | (-0.03, 0.03)         | < 0.01       | (-0.02, 0.04)     |
|           | Diastolische bloeddruk, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)                 | -0.02          | (-0.05, 0.01)         | -0.03        | (-0.06, < 0.01) † |
|           | Baarmoederslagader pulsatiliteitsindex, 2 <sup>e</sup> trimester (T2) | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01)     | < -0.01      | (< -0.04, < 0.04) |
|           | Baarmoederslagader pulsatiliteitsindex, 3 <sup>e</sup> trimester (T3) | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01) *   | < -0.01      | (< -0.01, < 0.01) |
|           | Baarmoederslagader weerstandsindex, 2 <sup>e</sup> trimester (T2)     | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01)     | < -0.01      | (< -0.01, < 0.01) |
|           | Baarmoederslagader weerstandsindex, 3 <sup>e</sup> trimester (T3)     | < -0.01        | (< -0.01, < -0.001) * | < -0.01      | (< -0.01, < 0.01) |
|           | Zwangerschapshypertensie (%)  | 1.00           | (0.98, 1.01)          | 0.99         | (0.97, 1.01)      |

\*  $P \leq 0.05$ ; †  $P \leq 0.10$

Gepresenteerde parameters zijn voor alle eindmaten, behalve Zwangerschapshypertensie (ZHT), weergegeven als niet-gestandaardiseerde regressie coëfficiënten (Coëfficiënt) met bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen (95% BI). Voor ZHT zijn odds ratios (OR) en de bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen (95% BI) weergegeven.

In de linker kolom ('Ongecorrigeerd') staan de bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) aan de verschillende eindmaten zonder correctie voor eigenschappen van de deelnemers.

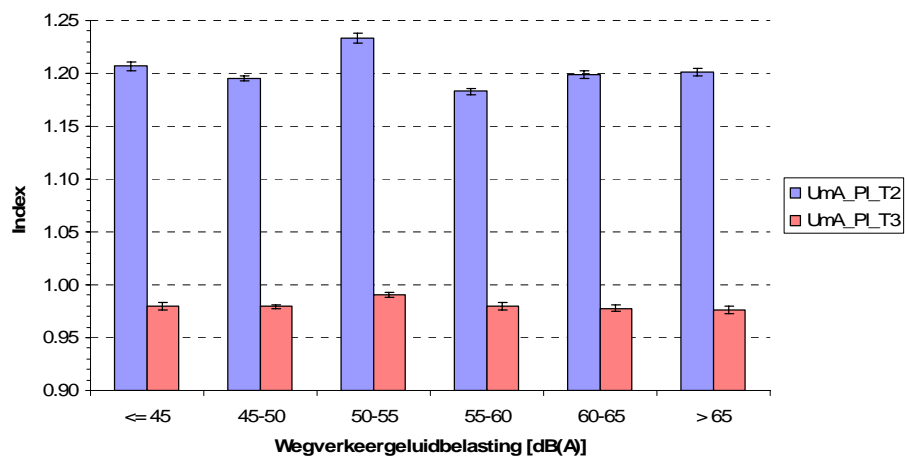
In de rechter kolom ('Gecorrigeerd') staan de bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) aan de verschillende eindmaten met correctie voor volgende eigenschappen van de deelnemers: de zwangerschapsduur op het moment van testen (cq. bij geboorte), het geslacht van foetus/kind, de leeftijd, opleidingsniveau, pariteit, BMI, en burgerlijke staat van de moeder bij intake, de etniciteit van de moeder, het door de moeder nuttigen van rookwaren of van alcoholische dranken (tijdens de zwangerschap), het buurtgemiddeld inkomen per inkomen ontvanger.

### 2.3.4 Effecten op het kind

concept

De verdelingen van de bij de kinderen gemeten cardiovasculaire eindmaten en geboorte-uitkomsten uitgezet tegen de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5 dB categorieën) worden in Figuren 3.6, 3.7 en 3.8 gepresenteerd.

Figuur 3.6 geeft de verdelingen van het gemiddelde navelstrengslagader pulsatiliteitsindex in de 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimesters per blootstellingcategorie weer. Duidelijk is te zien hoe navelstrengslagader pulsatiliteit tijdens het 3<sup>e</sup> trimester ten opzichte van tijdens het 2<sup>e</sup> trimester afneemt. Er is voor navelstrengslagader pulsatiliteit zowel tijdens het 2<sup>e</sup> als ook het 3<sup>e</sup> trimester geen duidelijk zichtbaar patroon in de verandering over de geluidbelastingcategorieën.

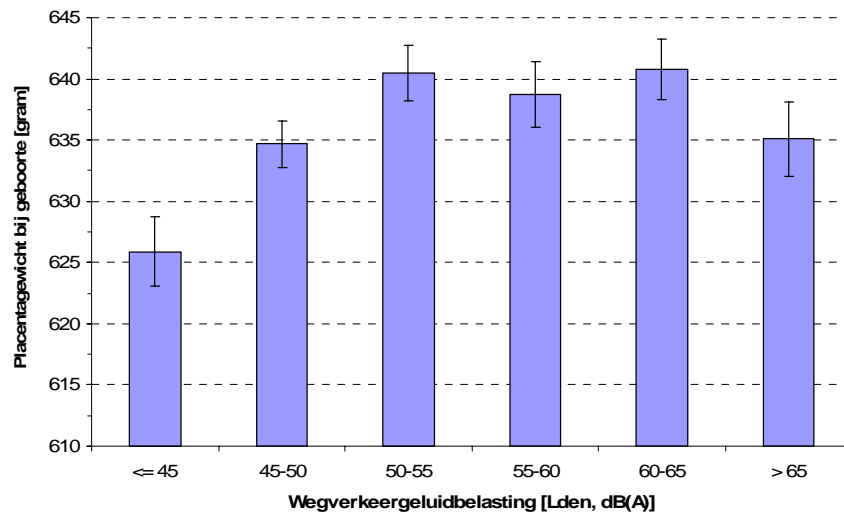


**Figuur 3.6** –Verdeling van de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex gemeten bij de foetussen tijdens het 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> trimester over de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5 dB categorieën). Data geven per blootstellingcategorie het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval weer.

Figuur 3.7 geeft de verdeling van het bij de geboorte gemeten placentagewicht uitgezet tegen de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5 dB categorieën) weer. Placentagewicht lijkt mogelijk toe te nemen met hogere blootstellingcategorieën, maar lijkt juist weer verlaagd in de hoogste belastingscategorie (> 65 dB).

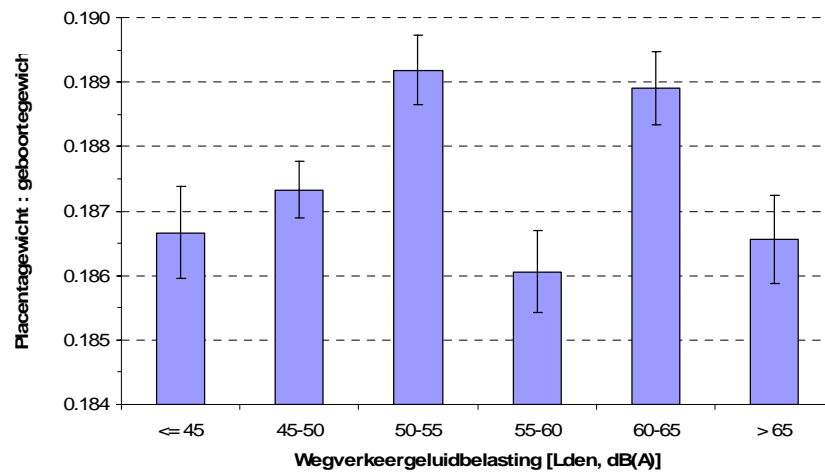


conc



**Figuur 3.7** –Verdeling van het placentagewicht bij geboorte over de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5dB categorieën). Data geven per blootstellingcategorie het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval weer.

Figuur 3.8 laat de verdeling van de verhouding tussen het bij de geboorte gemeten placentagewicht ten opzichte van het lichaamsgewicht van het pasgeboren kind. Met toenemende belasting lijkt er eerste een toename, maar daarna een afname in de verhouding plaats te vinden.



**Figuur 3.8** –Verdeling van de verhouding tussen het placentagewicht en lichaamsgewicht bij geboorte over de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5dB categorieën). Data geven per blootstellingcategorie het gemiddelde met het 95% betrouwbaarheidsinterval weer

#### 2.3.4.1 *Regressie analyse*

In Tabel 3.4 staan de resultaten van de regressie analyse voor de cardiovasculaire eindmaten en geboorte-uitkomsten van de kinderen weergegeven. Ook zijn in Tabel 3.4 de resultaten onderverdeeld in ongecorrigeerde en gecorrigeerde regressie coëfficiënten, die per 1 dB toename aan blootstelling aan wegverkeergeluid de verwachte toename, dan wel afname, van de eindmaat weerspiegelen. Zowel zonder als met correctie voor persoonskenmerken van het kind en de moeder, zijn er geen statistisch significante effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid gevonden op navelstrengslagader pulsatiliteit tijdens het 2<sup>e</sup> of 3<sup>e</sup> trimester van de zwangerschap, en ook niet op het gewicht van de placenta bij geboorte, of van de verhouding tussen het gewicht van de placenta bij geboorte en het totale geboorte gewicht van het kind.

#### 2.3.5 *Effecten in deelgroepen*

De hierboven genoemde regressie analyses zijn voor een tweetal deelgroepen binnen de steekproef herhaald. De eerste deelgroep omvat de grootste homogene deelgroep, namelijk de etnische Nederlandse moeders met een middelbaar opleidingsniveau en hun kinderen. De tweede deelgroep betreft een mogelijk sterker op wegverkeergeluid reagerende groep, namelijk de deelnemers die in een woning zonder een stille zijde wonen.

##### 2.3.5.1 *Effecten bij etnisch Nederlandse moeders met een middelbaar opleidingsniveau en hun kinderen*

Vooraf correctie voor persoonseigenschappen werd een statistisch significante relatie tussen de mate van blootstelling aan wegverkeergeluid aan huis en het placentagewicht van het kind bij geboorte gevonden ( $P = 0.034$ ). Na correctie voor persoonseigenschappen bleef deze relatie overeind: per 10 dB toename aan geluidblootstelling werd een verhoging van het placentagewicht van 17.4 gram gevonden ( $P = 0.014$ ). Ook zijn er na correctie een aantal marginaal significante ( $P \leq 0.10$ ) afnamen van de systolische bloeddruk van de moeder tijdens het 1<sup>e</sup> en 2<sup>e</sup> trimester, en de navelstrengslagader pulsatiliteitsindex tijdens het 2<sup>e</sup> trimester, bij een toename aan geluidblootstelling gevonden. Geluidblootstelling had op alle overige eindmaten geen significant effect.

##### 2.3.5.2 *Effecten bij deelnemers die in een woning zonder stille zijde wonen*

Bij de deelnemers die in een woning zonder een stille zijde wonen zijn geen statistisch significante relaties tussen de mate van geluidblootstelling aan de meeste belaste gevel van de woning het de bij de moeders en kinderen onderzochte cardiovasculaire eindmaten en geboorte-uitkomsten.

**Tabel 3.4.** Ongecorrigeerde en gecorrigeerde niet-gestandaardiseerde regressie coëfficiënten van het effect van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op de, bij de kinderen, onderzochte cardiovasculaire eindmaten en de geboorte afkomstig uit de multiple lineaire regressie modellen

| Deelnemer | Cardiovasculaire eindmaat & geboorte-uitkomsten                         | Ongecorrigeerd |                   | Gecorrigeerd |                     |
|-----------|---|----------------|-------------------|--------------|---------------------|
|           |   | Parameter      | 95% BI            | Parameter    | 95% BI              |
| Kind      | Navelstrengslagader pulsatiliteitsindex , 2 <sup>e</sup> trimester (T2) | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01) | < -0.01      | (< -0.01, < 0.01)   |
|           | Navelstrengslagader pulsatiliteitsindex , 3 <sup>e</sup> trimester (T3) | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01) | < -0.01      | (< -0.01, < 0.01)   |
|           | Placenta gewicht bij geboorte   | 0.34           | (< -0.17, 0.86)   | 0.53         | (-0.01, 1.08) †     |
|           | Verhouding placentagewicht / geboortegewicht                            | < -0.01        | (< -0.01, < 0.01) | < 0.01       | (< -0.01, < 0.01) † |

\*  $P \leq 0.05$ ; †  $P \leq 0.10$

Gepresenteerde parameters zijn voor alle eindmaten weergegeven als niet-gestandaardiseerde regressie coëfficiënten (*Coëfficiënt*) met bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen (*95% BI*).

In de linker kolom ('Ongecorrigeerd') staan de bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op de verschillende eindmaten zonder correctie voor eigenschappen van de deelnemers.

In de rechter kolom ('Gecorrigeerd') staan de bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op de verschillende eindmaten met correctie voor volgende eigenschappen van de deelnemers: de zwangerschapsduur op het moment van testen (cq. bij geboorte), het geslacht van foetus/kind, de leeftijd, opleidingsniveau, pariteit, BMI, en burgerlijke staat van de moeder bij intake, de etniciteit van de moeder, het door de moeder nuttigen van rookwaren of van alcoholische dranken (tijdens de zwangerschap), het buurtgemiddeld inkomen per inkomen ontvanger.

## 2.4 Discussie

De resultaten van de huidige analyses laten geen duidelijke effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid aan huis op de bloeddruk van de moeder en uteroplacentale vasculaire weerstanden tijdens de zwangerschap zien. Ook is geen consequent effect van blootstelling aan wegverkeergeluid op de onderzochte geboorte-uitkomsten gevonden. Onder de deelnemers die in een woning leven zonder een duidelijk stille (c.q. duidelijk minder belaste gevel), werden eveneens geen statistisch significante verbanden tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en de onderzochte cardiovasculaire eindmaten en geboorte-uitkomsten gevonden. Binnen de grootste homogene subgroep onder de deelnemers (vrouwen van Nederlandse etniciteit met een middelbaar opleidingsniveau) werd alleen een statistisch significante positieve bijdrage van wegverkeergeluid op placentagewicht bij geboorte gevonden. Dit effect is echter alleen significant bij een significantieniveau van  $P < 0.05$ . Doordat in het huidige onderzoek meerdere analyses op dezelfde data worden uitgevoerd (c.q. verhoogt de kans op het vinden van een significant effect), zou een strikter significantieniveau toepasselijk zijn.

De resultaten laten wel al bekende verbanden tussen de onderzochte gezondheidsmaten en de persoonlijk kenmerken van de deelnemers terugzien. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat de meetresultaten in principe geschikt zijn om de beoogde analyse uit te voeren. Zo vertonen hoger opgeleide vrouwen, vrouwen die al eerder een kind hebben gebaard, vrouwen met een lagere BMI, en die niet roken tijdens de zwangerschap, een lagere bloeddruk gedurende de zwangerschap. Ook is er een duidelijke daling van de diastolische bloeddruk gemeten tijdens het 2<sup>e</sup> trimester ten opzichte van de 1<sup>e</sup> trimester te zien, terwijl systolische bloeddruk gedurende de drie trimesters blijft toenemen.

Een opmerkelijke bevinding van dit onderzoek is de verdeling van de blootstelling aan wegverkeergeluid binnen de steekproef, en de verschillen tussen de hoog en laag belaste deelnemers. Ongeveer 12% van de moeders zijn aan relatief lage geluidniveau's door wegverkeer blootgesteld (ter referentie, 45 dB wordt aangenomen gelijk te zijn als het achtergrondgeluidniveau in steden). Nog eens 10% van de deelnemers zijn aan hoge geluidniveau's door wegverkeer ( $> 65$  dB) blootgesteld. Ongeveer 25% van de deelnemers zijn blootgesteld aan wegverkeer geluidniveau's tussen de 45-50 dB. Het is opmerkelijk is dat de hoger belaste deelnemers ( $\geq 55$  dB), ten opzicht van lager belaste deelnemers ( $< 55$  dB), gemiddeld gezien vaker hoog zijn opgeleid, vaker van Nederlandse etniciteit zijn, minder vaak al eerder een kind hebben gebaard, minder vaak overgewicht hebben ( $BMI > 25$  kg/m<sup>2</sup>), vaker getrouwd zijn, en vaker in buurten wonen met hogere inkomens. Populatiestudies in andere Nederlandse steden vinden juist het omgekeerd: deelnemers met een hogere wegverkeerbelasting zijn vaker ouder, hebben vaker overgewicht, zijn lager opgeleid en wonen in buurten met een lager dan gemiddeld socio-economische status (de Kluizenaar et al., 2007; de Kluizenaar et al., 2009). Het feit dat de hoogstbelaste moeders in dit onderzoek ook de moeders zijn die, gezien hun persoonlijke eigenschappen en woonsituatie, minder risico lopen op cardiovasculaire aandoeningen, zou in de huidige analyses mogelijk een effect van blootstelling aan wegverkeergeluid kunnen camoufleren.

Tot op heden is relatief weinig bekend van de gevolgen van stressoren, zoals omgevingsgeluid, gedurende de zwangerschap op moeder en kind. Eerdere onderzoeken, met zeer grove geluidblootstelling bepalingen, hebben tussen relaties blootstelling aan omgevingsgeluid en laag geboortegewicht (Knipschild et al., 1981; Ando, 1988; Coblenz et al., 1990), en tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en een verrhoogde kans op vroeggeboorte (Rehm & Jansen, 1978; Schell, 1981) gerapporteerd. Echter, in deze onderzoeken is niet altijd goed rekening gehouden met mogelijk versturende variabelen, en uit het huidige onderzoek blijkt wederom hoe belangrijk dit kan zijn. Uit

een recent onderzoek onder 3679 zwangere vrouwen werd geen relatie tussen de incidentie van pre-eclampsie en aspecten van psychologische stress, zoals werkstress, bezorgdheid over de zwangerschap en depressie, gevonden (Vollebregt et al., 2007).

Het huidige onderzoek heeft bij een grote groep zwangere vrouwen en hun kinderen het cross-sectionele verband onderzocht tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en uteroplacentale weerstand, bloeddruk, placentagewicht en lichaamsgewicht bij geboorte. Ondanks de nauwkeurige blootstellingsbepaling, en accurate gezondheidsmaten metingen, zijn geen statistisch significante verbanden gevonden. Hieruit kan worden geconcludeerd, dat er voorlopig geen aanwijzingen zijn dat wegverkeergeluid samenhangt met de ontwikkeling van cardiovasculaire risicofactoren en met foetale groei tijdens de zwangerschap.

## 2.5 Referenties

- Ando Y. Effects of daily noise on fetuses and cerebral hemisphere specialization in children. *J Sound Vibr* 1988;27:411-417.
- Babisch W. Traffic noise and cardiovascular disease: Epidemiological review and synthesis. *Noise Health* 2000;8:9-32.
- 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;26:475-481.
- Babisch W, Ising H, Gallacher JEJ. Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. *Occup Environ Med* 2003;60:739-745.
- Babisch W. Health aspects of extra-aural noise research. *Noise Health* 2004;6:69-81.
- Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology* 2005;16:33-40.
- Babisch W. Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health* 2008;10:27-33.
- Basner M, Samel A, Iserman U. Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoust Soc Am* 2006;119:2772-2784.
- Björk J, Ardö J, Stroh E, Lövkvist H, Östergen P, Albin M. Road traffic noise in southern Sweden and its relation to annoyance, disturbance of daily activities and health. *Scand J Work Environ Health* 2006;32:392-401. Erratum inn: *Scand J Work Environ Health* 2007;33:80.
- Bleker OP, Buimer M, van der Post JAM, van der Veen F. Ted (GJ) Kloosterman: On Intrauterine Growth. The significance of prenatal care. *Studies on birth weight, placental weight and placental index. Placenta* 2006;27:1052-1054.
- Carter N, Henderson R, Lai S, Hart M, Booth S, Hunyor S. Cardiovascular and autonomic response to environmental noise during sleep in night shift workers. *Sleep* 2002;25:444-451.
- Coblentz A, Martel A, Ignazi G. Effects of fetal exposition to aircraft noise on the birth weight of children. *Proc Human Factors Soc* 1990;34:562-566.
- Di Nisi J, Muzet A, Ehrhart J, Libert JP. Comparison of cardiovascular responses to noise during waking and sleeping in humans. *Sleep* 1990;13:108-120.
- Dzaja A, Arber S, Hislop J, Kerkhofs M, Kopp C, Pollmacher T, et al. Women's sleep in health and disease. *J Psychiatr Res* 2005;39:55-76.
- Evans GW, Lercher P, Meis M, Ising H, Kofler WW. Community noise exposure and stress in children. *J Acoust Soc Am* 2001;109:1023-1027.
- Fidell S, Pearsons K, Tabachnick BG, Howe R. Effects of sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports. *J Acoust Soc Am* 2000;107:2535-2547.
- Gezondheidsraad. The influence of night-time noise on sleep and health. Den Haag: Gezondheidsraad 2004/14E, 1-196.
- Graham JMA, Janssen SA, Vos H, Miedema HME. Habitual traffic noise at home reduces cardiac parasympathetic tone during sleep. *Int J Psychophysiol* 2009;72:179-186.
- Griefahn B, Bröde P, Marks A, Basner M. Autonomic arousals related to traffic noise during sleep. *Sleep* 2008;31:569-577.
- Hertz G, Fast A, Feinsilver SH, Albertario CL, Schulman H, Fein AM. Sleep in normal late pregnancy. *Sleep* 1992;15:246-251.
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, van der Fischer P. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 2002;360:1203-1209.
- Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S, Stang A, Lehmann N, Dragano N, Schmermund A, Memmesheimer M, Mann K, Erbel R, Jöckel K.H. Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 2007;116:489-496.
- Horne A, Pankhurst FL, Reyner LA, Hume K, Diamond ID. A field study of sleep disturbance: Effect of aircraft noise and other factors on 5,742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample. *Sleep* 1994;17:146-159.

- Ising H, Babisch W, Günther T. Work noise as a risk factor in myocardial infarction. *J Clin Basic Cardiol* 1999;2:64-68.
- Jaddoe VW, Bakker R, van Duijn CM, van der Heijden AJ, Lindemans J, Mackenbach JP, Moll HA, Steegers EA, Tiemeier H, Uitterlinden AG, et al. The Generation R Study Biobank: a resource for epidemiological studies in children and their parents. *Eur J Epidemiol* 2007;22:917-923.
- Jaddoe VW, van Duijn CM, van der Heijden AJ, Mackenbach JP, Moll HA, Steegers EA, Tiemeier H, Uitterlinden AG, Verhulst FC, Hofman A. The Generation R Study: design and cohort update until the age of 4 years. *Eur J Epidemiol* 2008;23:801-811.
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D, Pershagen G, Katsouyanni K, Cadum E, Dudley ML, Savigny P, Seiffert I, Swart W, Breugelmans O, Bluhm G, Selander J, Haralabidis A, Dimakopoulou K, Sourtzi P, Velonakis M, Vigna-Taglianti F on behalf of the HYENA study team. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environ Health Perspect* 2007;116:329-333.
- Kempen EMM van, Kruize H, Boshuizen HC, Ameling CB, Staatsen BAM, de Hollander AEM. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta analysis. *Environ Health Perspect* 2002;110:307-317.
- Kempen EMM van, Houthuijs DJM. Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer. RIVM rapport 630180001/2008.
- Kluizenaar Y de, Gansevoort RT, Miedema HME, de Jong PE. Hypertension and road traffic noise exposure. *J Occup Environ Med* 2007;49:484-492.
- Kluizenaar Y de, Janssen SA, van Lenthe FJ, Miedema HME, Mackenbach JP. Long-term road traffic noise exposure is associated with an increase in morning tiredness. *J Acoust Soc Am* 2009;126:626-633.
- Knipschild P, Meijer H, Salle H. Aircraft noise and birth weight. *Int Arch Environ Health* 1981;48:131-136.
- Lee KA, Gay CL. Sleep in late pregnancy predicts length of labor and type of delivery. *Am J Obstet Gynecol* 2004;191:2041-2046.
- Llop S, Ballester F, Estarlich M, Esplugues A, Fernandez-Patier R, Ramon R, Marco A, Aquirre A, Sunyer J, Iniguez C. Ambient air pollution and annoyance responses from pregnant women. *Atmos Environ* 2008;42:2982-2992.
- Maheswaran R, Elliott P. Stroke mortality associated with living near main roads in England and Wales – a geographical study. *Stroke* 2003;34:2776-2780.
- Mulder EJM, Robles de Median PG, Huizing AC, van den Bergh BRH, Buitelaar JK, Visser GHA. Prenatal Maternal Stress: Effects on pregnancy and the unborn child. *Early Hum Dev* 2002;70:3-14.
- Passchier-Vermeer, W. Noise and health: review. Den Haag: Gezondheidsraad 1993; Rapport nr. A93/02E.
- Passchier-Vermeer W, Passchier WF. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect* 2000;108:123-131.
- Öhrström E, Björkman M. Effects of noise-disturbed sleep – A laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *J Sound Vib* 1988;122:277-290.
- Rehm S, Jansen G. Aircraft noise and premature birth. *J Sound Vib* 1978;59:133-135.
- Schell LM. Environmental noise and human prenatal growth. *Am J Phys Anthropol* 1981;56:63-70.
- Sekl J, Holmes MC. Mechanisms of disease: glucocorticoids, their placental metabolism and fetal 'programming' of adult pathophysiology. *Nat Clin Pract Endocrinol Metabol* 2007; 6:479-488.
- Selander J, Nilsson ME, Bluhm G, Rosenlund M, Lindqvist M, Nise G, Pershagen G. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiol* 2009;20:272-279.
- Silvia LM, Steegers EAP, Burdorf A, Jaddoe VWV, Arends LR, Hofman A, Mackenbach JP, Raat H. No midpregnancy fall in diastolic blood pressure in women with a low educational level: the Generation R Study. *Hypertension* 2008; 52:645-651.
- Skouteris H, Wertheim EH, Germano C, Paxton SJ, Milgrom J. Assessing sleep during pregnancy: A study across two time points examining the Pittsburgh Sleep Quality Index and associations with Depressive symptoms. *Womens Health Issues* 2009;19:45-51.
- Thiessen G. J. Disturbance of sleep by noise. *J Acoust Soc Am* 1978;64:216-222.
- Vollebregt KC, van der Wal MF, Wolf H, Vrijkotte TGM, Boer K, Bonsel GJ. Is psychological stress in First ongoing pregnancies associated with pre-eclampsia and gestational hypertension? *Br J Obstet Gynaecol* 2008;115:607-615.

Welberg LAM, Thrivikraman KV, Plotsky PM. Chronic maternal stress inhibits the capacity to up-regulate placental 11 $\beta$ -HSD2 activity. *J Endocrinol* 2005;185:R7-R12.

concept



### 3 Deelstudie 2: Effecten van wegverkeergeluid op non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling van kinderen in de leeftijd van 12 tot 30 maanden

*Sabine Janssen<sup>1</sup>, Yvonne de Kluizenaar<sup>1</sup>, Hilde Gaarkeuken<sup>1</sup>, Jamie Graham<sup>1</sup>, Henk Vos<sup>1</sup>, Jens Henrichs<sup>2</sup>, Albert Hofman<sup>3</sup>, Henning Tiemeier<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Urbane Leefomgeving, Milieu & Leefomgeving, TNO, Delft

<sup>2</sup> Instituut voor Psychologie, Erasmus MC, Rotterdam

<sup>3</sup> Afdeling Epidemiologie, Erasmus MC, Rotterdam

#### 3.1 Inleiding

Wereldwijd worden effecten van omgevingsgeluid gevonden op gezondheid en welzijn van mensen. Deze effecten treden vooral op in gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid en een uitgebreid wegennet (Miedema, 2007). Kinderen vertegenwoordigen een groep die in het bijzonder gevoelig zou kunnen zijn voor de effecten van omgevingsgeluid, omdat zij een snelle cognitieve ontwikkeling doormaken (Stansfeld and Matheson, 2003). Geluidbelasting zou het leerproces tijdens kritieke fasen in de cognitieve ontwikkeling van kinderen kunnen beïnvloeden (WHO, 2003). Eén van de manieren waarop omgevingsgeluid cognitieve ontwikkeling kan beïnvloeden is het maskeren van spraak, wat de vroege fasen van taalontwikkeling in jonge kinderen kan verstoren. Kinderen beginnen het proces van taalontwikkeling door middel van het leren detecteren van hele kleine verschillen tussen klanken in gesproken taal, waarbij ze zowel alle mogelijke contrasten in de spraak (fonemen) als ook complexe temporele modulaties in frequenties leren onderscheiden (Rubel et al., 1998). Hierdoor vormen kinderen mogelijk een gevoelige groep voor de maskerende effecten van omgevingsgeluid. Naast taalvaardigheid zijn ook andere vaardigheden, zoals het richten en vasthouden van de aandacht, nog in ontwikkeling en daardoor gevoeliger voor de versturende effecten van omgevingsgeluid. Kinderen zouden ook gevoeliger kunnen zijn voor omgevingsgeluid in vergelijking met volwassenen omdat zij nog minder in staat zijn om stressoren te begrijpen en hun coping strategie (d.w.z. omgang met negatieve prikkels) nog niet volledig ontwikkeld is (Cohen et al., 1986; Evans et al., 1991).

De meeste onderzoeken naar de effecten van omgevingsgeluid op de cognitieve ontwikkeling van kinderen heeft een cross-sectioneel design en is uitgevoerd bij kinderen in de basisschool leeftijd (5-12 jaar) (WHO, 2003). Deze studies hebben effecten gevonden van chronische blootstelling aan vliegtuiggeluid, spoorweggeluid en wegverkeergeluid in kinderen die aan hoge niveau's van omgevingsgeluid zijn blootgesteld. Tot de gevonden effecten behoren tekorten aan aanhoudende aandacht en visuele aandacht, concentratieproblemen, verminderde auditief onderscheid en spraakperceptie, geheugenstoornissen bij taken met hoge cognitieve verwerkingseisen, leesachterstand en lagere schoolprestaties (Heft et al., 1979; Cohen et al., 1986; Evans and Lepore, 1993; Evans and Maxwell, 1997; Hygge et al., 2002; Haines et al., 2001; Stansfeld et al., 2005). Taken die een beroep doen op centrale verwerking en taalbegrip, zoals lezen, aandacht, het oplossen van problemen en geheugen, lijken het meest beïnvloed te worden door blootstelling aan geluid (Evans and Lepore, 1993). Tevens is aangetoond dat de leesachterstand, die gevonden werd in schoolkinderen met een chronische blootstelling aan vliegtuiggeluid, deels toegeschreven kon worden aan een achterstand in

de ontwikkeling van de taalvaardigheid (Evans and Maxwell, 1997). Kinderen met een chronische blootstelling aan geluid vertonen ook een verstoring van de spraakperceptie, welke deels de geluidgeïnduceerde leesachterstand zou kunnen verklaren. Er is mogelijk een relatie tussen het richten van de aandacht (“attention reallocation”) tijdens blootstelling aan geluid (onder lawaaiige omstandigheden) en negatieve effecten op leesvaardigheid (Evans and Lepore, 1993; Evans, 2006). Volgens deze theorie passen kinderen zich aan de afleidende eigenschappen van chronische geluidblootstelling tijdens activiteiten aan door middel van het negeren of uifilteren van de ongewenste auditieve stimuli. Deze “tuning out” strategie kan gegeneraliseerd worden, met als gevolg dat niet aandachtig geluisterd wordt naar verscheidene typen auditieve stimuli, waaronder spraak (welke een fundamentele bouwsteen is voor leesvaardigheid), zelfs in situaties zonder omgevingsgeluid (Evans, 2006). Het is mogelijk dat verstoring van de vroege ontwikkeling van kinderen door milieu-invloeden zoals geluid blijvende gevolgen kan hebben voor de academische potentiaal (Evans et al., 1991). Hoewel de meeste onderzoeken zich hebben gericht op blootstelling aan omgevingsgeluid in scholen, is het mogelijk dat de cognitieve effecten van geluid al eerder beginnen (Evans, 2006). Het is plausibel dat omgevingsgeluid effect kan hebben op de vroege fasen van cognitieve ontwikkeling en taalontwikkeling in jonge kinderen, nog voordat zij de schoolgaande leeftijd bereiken.

In de meeste onderzoeken die de effecten van omgevingsgeluid op de cognitieve ontwikkeling bestudeerden, was vliegtuigverkeer de voornaamste onderzochte geluidsbron. Dit onderzoek heeft zich veelal gericht op scholen die zijn blootgesteld aan vliegtuiggeluid. Toch zijn ook spoorweggeluid en wegverkeergeluid in verband gebracht met cognitieve effecten (Cohen et al., 1973; Bronzaft and McCarthy, 1975; Bronzaft, 1981; Lukas et al., 1981; Sanz et al., 1993; Lercher et al., 2003). Aangezien wegverkeergeluid de belangrijkste bron van geluid is in de woonomgeving, is het aannemelijk dat wegverkeergeluid in een veel groter deel van de bevolking de cognitieve ontwikkeling van kinderen kan beïnvloeden in vergelijking tot vliegtuiggeluid, dat voornamelijk een probleem vormt rond vliegvelden.

Het hier beschreven onderzoek biedt de unieke kans om de effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid op zowel taalontwikkeling, als ook non-verbale cognitieve ontwikkeling, te bestuderen in jonge kinderen in een grote prospectieve populatie studie (Generation R studie cohort), waarbij gebruik gemaakt wordt van objectieve maten voor de geluidblootstelling. De grote hoeveelheid data die voor het Generation R cohort beschikbaar is, maakt het mogelijk om in dit onderzoek te corrigeren voor een groot aantal covariaten die als mogelijke confounders kunnen optreden in de relatie tussen wegverkeergeluid en cognitieve ontwikkeling. Aangezien de rol van blootstelling aan omgevingsgeluid in de voorschoolse leeftijd niet duidelijk is, en deze mogelijk de cognitieve effecten van omgevingsgeluid die gevonden zijn in schoolgaande kinderen gecontamineerd zou kunnen hebben, hebben we de effecten bestudeerd van wegverkeergeluid in de woonomgeving op de taalontwikkeling en de non-verbale cognitieve ontwikkeling van kinderen van de geboorte af aan in de vroege fasen van hun ontwikkeling. Daarnaast is ook het verband tussen wegverkeergeluid en cognitieve ontwikkeling van kinderen in deelgroepen binnen de gehele steekproef onderzocht. Enerzijds is binnen deelgroepen gekeken waarvan voorafgaand verwacht wordt dat zij mogelijk sterkere effecten van verkeergeluid laten zien. Anderzijds is binnen deelgroepen gekeken die qua persoonskenmerken homogeen zijn, zodat de invloed van bepaalde covariaten in de analyse, zoals sociaal-economische status, verminderd is.

## 3.2 Methode

### 3.2.1 Studie populatie en steekproef

Dit onderzoek werd uitgevoerd gebruikmakend van de data die beschikbaar zijn in de Generation R studie, een prospectieve populatie studie die is opgezet om gegevens te verzamelen vanaf de zwangerschap tot de jongvolwassenheid. De Generation R studie is opgezet om vroege omgevings- en genetische determinanten van groei, ontwikkeling en gezondheid te identificeren en is elders in detail beschreven (Jaddoe et al., 2007; Jaddoe et al., 2008). Het studiecohort bestaat uit een representatieve steekproef van moeders en hun kinderen woonachtig in Rotterdam. Inclusie van moeders vond bij voorkeur plaats tijdens de vroege zwangerschap (zwangerschapsduur <18 weken) maar was mogelijk tot aan de geboorte van het kind. Alle kinderen van dit geboortecohort werden geboren tussen april 2002 en januari 2006 en worden momenteel gevolgd tot aan de jong volwassenheid. In totaal zijn 9.778 deelnemers geïnccludeerd in Generation R, waarvan 7.295 personen schriftelijk toestemming gaven voor postnatale participatie van hun kinderen. Dit onderzoek is goedgekeurd door de Medisch Ethische Commissie van het Erasmus Medisch Centrum, Rotterdam.

### 3.2.2 Maten van cognitieve ontwikkeling

Zodra de kinderen de leeftijd van 12 maanden bereikten werd hun ontwikkeling gemeten door middel van een Nederlandse vertaling van de Minnesota Infant Development Inventory (MIDI). In deze test geeft de moeder aan in hoeverre haar kind bepaalde mijlpalen in de ontwikkeling heeft bereikt (Ireton, 1997; Ireton and Thwing, 1980). Voor dit onderzoek werden 57 items voor kinderen tussen 6 en 18 maanden gebruikt, overeenkomstig met het MIDI handboek (Ireton and Thwing, 1980). Elk item vertegenwoordigt een mijlpaal die hoort bij één van de vijf categorieën van cognitieve en motorische ontwikkeling: *Sociaal*: interactief persoonlijk en sociaal gedrag waaronder zelfstandigheid, initiatief, sociale interactie en belangstelling voor anderen; *Zelfhulp*: zelfhulp vaardigheden zoals eten, zindelijkheid en aankleden; *Grope motoriek*: beweging met de daarbij horende kracht, balans en coördinatie; *Fijne motoriek*: visuele motor vaardigheden, van simpele oog-hand coördinatie tot complexe fijne motoriek; *Taal*: expressieve communicatie, van simpele gebaren en geluiden tot eenvoudige taal expressie.

De moeder werd gevraagd om van elk van de mijlpalen aan te geven of haar kind deze reeds bereikt had. De “accessory age level” (accessoir leeftijdniveau) werd gedefinieerd als de leeftijd waarop minstens 75 procent van de kinderen in een Amerikaans referentie steekproef deze vaardigheid verworven had (Ireton, 1997). Omdat Europese normen ontbreken, werden de 75 procent leeftijdniveau's van het originele instrument aangehouden om te bepalen of een kind bij 12 maanden voorloopt of achterloopt in de ontwikkeling. Dit leeftijdniveau van de hoogst bereikte mijlpaal van een kind werd van zijn werkelijke leeftijd afgetrokken. Een positieve waarde geeft aan dat het kind voorloopt (uitgedrukt in weken) op de cognitieve en motorische ontwikkeling, terwijl een negatieve waarde een achterstand aangeeft. Reilly and Eaves (2000) deden onderzoek naar de validiteit van MIDI scores met gegevens verzameld in een Spaanse migranten populatie. Gebaseerd op een factoranalyse en enkele afwegingen, zoals spaarzaamheid en gebruikersvriendelijkheid, werd bepaald dat een enkele uitkomstschaal het beste was (Reilly and Eaves, 2000). Daarom hebben we voor dit onderzoek uit de scores van de vijf categorieën van cognitieve en motorische ontwikkeling (Ireton and Thwing, 1980) een totaalscore berekend, die gebaseerd is op het gemiddelde van de vijf scores. Een onderzoek van Creighton and Sauve (1988) toonde aan dat het indelen van kinderen op ‘achterstand’

of 'geen achterstand' gebaseerd op MIDI scores goed overeen komt (81% to 97%) met resultaten van de Bayley Schalen van ontwikkeling. De MIDI heeft ook een goede sensitiviteit (85%) om achterstand op te sporen en een redelijke specificiteit (77%) voor het identificeren van normale ontwikkeling (Creighton and Sauve, 1988). In dit onderzoek, varieerden de interne consistenties tussen  $\alpha = 0.62$  voor de sociale ontwikkeling en  $\alpha = 0.88$  voor de globale ontwikkeling.

Op de leeftijd van 18 maanden werd taalontwikkeling met behulp van de Nederlandse versie van de MacArthur Short Form Vocabulary Checklist (N-CDI2A) getest. Dit instrument kan worden gebruikt om woordproductie en woordbegrip in kinderen van 16 tot 30 maanden te meten (Zink and Lejaegere, 2003). Deze korte versie, bestaande uit een lijst van 112 woorden, is gebaseerd op de originele MacArthur Communicative Development Inventory (MCDI) bestaande uit 680 woorden (Fenson et al., 1994; Fenson et al., 2000). In de korte versie van de MCDI geven ouders voor zelfstandige of vrije morfemen (c.q. sleutelwoorden) aan of hun kind de woorden produceert en begrijpt. Ouders vinken de woorden aan waarvan ze denken dat hun kind ze begrijpt en de woorden die ze hun kind hebben horen zeggen. Voor zowel woordbegrip als woordproductie werden somscores berekend, waarna deze werden omgezet naar leeftijds- en geslachtsafhankelijke percentielscores, gebaseerd op de validatie studie van de Nederlandse korte versie van de MCDI (Zink and Lejaegere, 2003). De percentielscores werden gedichotomiseerd, omdat deze voor zowel woordproductie als woordbegrip niet normaal verdeeld waren. Een achterstand in woordproductie of begrip werd gedefinieerd als een score onder het tiende percentiel. De Nederlandse korte versie van de MCDI heeft een uitstekende interne consistentie, test-hertest betrouwbaarheid, en gezamenlijke geldigheid ("concurrent validity") (Zink and Lejaegere, 2003). Interne consistenties van woordproductie en begrip waren hoog, respectievelijk  $\alpha > 0.97$  en  $\alpha > 0.98$ . Bovendien heeft een validiteitstudie aangetoond dat scores van zowel taalproductie als begrip op de korte versie de scores van de originele MCDI met hoge nauwkeurigheid voorspelde, respectievelijk  $r = 0.97$  en  $r = 0.99$  (Zink and Lejaegere, 2003). Fenson et al. (1994) rapporteerden een correlatie van 0.73 tussen de originele MCDI maat en een door een buitenstaander afgenomen standaard maat van expressieve woordenschat.

Non-verbale cognitieve ontwikkeling op de leeftijd van 24 maanden werd getest met behulp van de Nederlandse versie van de Parent Report of Children's Abilities (PARCA) (Saudino et al., 1998). De PARCA is een test van een uur bestaande uit twee delen: een rapport van de ouders en een onderdeel uitgevoerd door de ouders. Voor het bepalen van de non-verbale cognitie op 24 maanden is het ouderrapport gebruikt. Dit onderdeel bestaat uit 26 vragen die kwantitatieve vaardigheden, ruimtelijke vaardigheden, symbolisch speelgedrag, planning en organisatorische vaardigheden, en adaptief gedrag en geheugen beoordelen. De vragen van het ouderrapport werden geformuleerd als specifieke 'activiteiten', waarvan de ouders gevraagd werd aan te geven of ze hun kind deze activiteit hadden zien uitvoeren (bv. "Kan uw kind een eenvoudige vorm, zoals een vierkant of een dier, op de juiste plaats in een puzzel leggen?"). Elk 'Ja' antwoord werd gescoord als 1, terwijl 'Nee' of 'Ik weet niet' de score 0 kregen. Van de som van de 'Ja' antwoorden werden gestandaardiseerde Z-scores over de gehele steekproef berekend. In een andere steekproef van 107 tweejarige kinderen werd de interne consistentie van het ouderrapport gedeelte geschat op 0.74 (Saudino et al., 1998). Binnen ditzelfde steekproef voorspelden de scores van het ouderrapport van de PARCA significant de scores op de Mental Development Index (MDI) van de Bayley Scales of Infant Development-II ( $r = 0.49$ ). De validiteit van de door de ouders gescoorde maten werd tijdens een studie van Dinnebeil en Rule (1994), waarin de relatie tussen beoordelingen van ouders en standaard maten uit 23 studies werden vergeleken, onderstreept.

Op de leeftijd van 30 maanden werd taalontwikkeling van de kinderen getest met behulp van de Nederlandse versie van de Language Development Survey (LDS), een test die oorspronkelijk werd ontwikkeld voor het identificeren van taalachterstand in tweejarige kinderen (Rescorla, 1989). De LDS combineert een checklist voor de woordenschat met vragen over de productie van woordcombinaties door het kind. De checklist voor de woordenschat bevat 309 verschillende woorden die vroeg in de woordenschat aanwezig zijn, gerangschikt in 14 semantische categorieën. De ouders werd gevraagd om ieder woord dat hun kind uit zichzelf gebruikt op de lijst aan te vinken. Er is uitdrukkelijk aan de ouders gevraagd om alleen de woorden aan te vinken die het kind echt gebruikt, niet de woorden die het kind alleen begrijpt of imiteert. Woorden die het kind gebruikt in een andere taal dan de Nederlandse konden ook aangevinkt worden. De woordenschat van het kind werd berekend als de somscore van het aantal positieve antwoorden. Een mogelijke achterstand in taalontwikkeling werd gedefinieerd als een woordenschat die binnen de laagste 30 % van de somscores lag.

Tevens werd op de leeftijd van 30 maanden de non-verbale cognitieve ontwikkeling gemeten met behulp van de Nederlandse versie van de Parent Report of Children's Abilities (PARCA); (Saudino et al., 1998). De PARCA lijst bestaat uit twee delen: een rapport van de ouders en een onderdeel uitgevoerd door de ouders. Terwijl op 24 maanden alleen het ouderrapport is gebruikt om de ontwikkeling te meten, zijn op 30 maanden beide onderdelen van de PARCA afgenomen. Het ouderrapport van de PARCA is hierboven beschreven. Het door de ouders uitgevoerd onderdeel omvat oefeningen en spelletjes die de ouders met het kind uitvoeren, waaronder het matchen van vormen, het bouwen met blokken, het vouwen van papier, en imitatie oefeningen. Voor beide onderdelen van de PARCA werd eerst afzonderlijk een somscore berekend, waarna een PARCA totaalscore werd berekend door de twee somscores op te tellen.

### 3.2.3 *Covariaten*

Op basis van eerder onderzoek naar de relatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en cognitieve effecten in kinderen in de schoolgaande leeftijd, worden in dit onderzoek de volgende variabelen als potentiële covariaten beschouwd: variabelen gerelateerd aan sociaal-economische status (opleidingsniveau van de moeder, het bewonen van een koop- of huurhuis, gemiddeld buurtinkomen), variabelen die betrekking hebben op de moeder (leeftijd, pariteit [het aantal kinderen dat door een vrouw levend ter wereld is gebracht], burgerlijke staat), en variabelen die betrekking hebben op het kind (zwangerschapsduur bij de geboorte, leeftijd, geslacht, etniciteit, naar de crèche gaan, gehoorproblemen, de taal die thuis het meest gesproken wordt, het functioneren van de familie).

Tijdens het eerste bezoek van de moeder aan het onderzoekscentrum (c.q. het intakegesprek, bij 3 maanden zwangerschap) werd haar leeftijd geregistreerd. Hierbij is ook de eerste vragenlijst afgenomen, waaruit informatie is geregistreerd over het opleidingsniveau en pariteit van de moeder, het geboorteland en burgerlijke staat van de ouders, en de taal die thuis het meest gesproken wordt. Aangenomen wordt dat het deelnemende kind niet etnisch Nederlands is indien een van de ouders in het buitenland geboren is. Indien beide ouders in het buitenland geboren zijn, werd het geboorteland van de moeder gebruikt om de etniciteit van het kind vast te stellen. De derde vragenlijst (bij  $\pm$  8 maanden zwangerschap) leverde informatie over het bewonen van een huur- of koophuis.

De geboortedatum en het geslacht van het kind werden uit de registraties van de verloskundigen en het ziekenhuis gehaald. De zwangerschapsduur bij de geboorte werd bepaald met behulp van echo onderzoeken, die deel uitmaken van de prenatale fase van de Generation R studie.

Of het kind wel of niet naar de crèche gaat werd gevraagd in de vragenlijsten van 6, 12, en 24 maanden (postpartum). In de vragenlijst op 24 maanden postpartum werd aan de ouders gevraagd om aan te geven of hun kind gehoorproblemen heeft, die door een arts zijn vastgesteld. Ook is gevraagd om informatie over het functioneren van de familie te leveren. Gegevens over het buurtgemiddelde inkomen per inkomensontvanger voor het jaar 2003 zijn afkomstig van de StatLine database van het Centraal Bureau Statistiek (CBS).

#### 3.2.4 *Bepaling van de geluidbelasting door wegverkeer*

Voor het studiegebied van de Generation R studie (Rotterdam Noord) werd de blootstelling aan wegverkeergeluid voor alle adressen bepaald (de Kluzenaar et al., 2007). Deze geluidblootstellingen zijn vervolgens gekoppeld aan de Generation R database. De geluidblootstelling van de kinderen werd berekend aan de hoogst belaste gevel van de woning met behulp van standaard methode SKM2 (Standaard Karterings Methode 2) in overeenstemming met de EU Environmental Noise Directive (END). Voor de berekeningen werd de EU standaard geluidmaat  $L_{den}$  (dag, avond, nacht niveau) gebruikt.  $L_{den}$  is een 'gemiddeld' geluidsniveau over 24 uur, waarbij geluidniveaus in de avond en nacht worden verhoogd met respectievelijk 5 dB(A) en 10 dB(A). SKM2 is een geavanceerde versie van de Nederlandse standaard methode voor geluidmodellering en het maken van geluidkaarten (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer [VROM], 2004). SKM2 is geïmplementeerd in Urbis (Borst and Miedema, 2005), het instrument waarmee de geluidblootstellingen zijn berekend voor dit onderzoek. Geluidberekeningen werden in twee stappen uitgevoerd: eerst de emissie en daarna de transmissie. De emissie berekeningen houden rekening met verkeerskenmerken, waaronder verkeersintensiteit, de samenstelling van het verkeer (het percentage motoren, licht, middelzwaar, en zwaar vrachtverkeer), snelheid, hoogte van de weg, en het type wegdek. De transmissie berekeningen houden rekening met de afstand tussen de bron (de weg) en de gevel van de woning, absorptie door de lucht en bodem, effecten van de jaarlijkse meteorologische condities, afscherming door objecten, reflectie door objecten tegenover de woning, en statische diffractie voor de transmissie. De geluidbelasting werd berekend midden op de gevel van de woningen. Lage geluidniveau's (<45 dB(A)) werden geregistreerd als 45 dB(A), omdat dit geluidniveau wordt beschouwd als de ondergrens voor omgevingsgeluid in de stedelijke omgeving.

Input voor de emissie berekeningen voor geluid zijn gedetailleerde digitale kaarten, die voor ieder wegsegment de verkeerskenmerken beschrijven. De geografische locatie van de wegen op deze kaarten werd gehaald uit het nationaal Wegenbestand (NWB; dit bevat alle straten, provinciale wegen en snelwegen), dat verkregen werd bij VROM/DGR. Gegevens over de verkeersstromen behorend bij ieder wegsegment werd verkregen bij de Gemeente Rotterdam. Deze gegevens waren beschikbaar voor het uitgebreide wegennet, waaronder snelwegen, provinciale wegen, doorgaande wegen, en hoofdwegen in woonwijken. De basis voor de transmissie berekeningen voor geluid zijn digitale kaarten met gedetailleerde informatie over de geografische locatie van gebouwen alsmede de eigenschappen van de bodem (Topografische Service Data) [TOP10]; verkregen bij VROM/DGR). Informatie over de gebouwhoogte kwam uit het "Actual Height Information Netherlands" (AHN) database, een 5 x 5-m raster met hoogte informatie gebaseerd op laser hoogtemetingen. Ook werd geografische informatie over de plaats en hoogte van geluidsschermen bij de gemeente verkregen. De geografische locatie van gevels van woningen werd afgeleid uit de gebouwcontouren, die werden ingedeeld in woningen op basis van de adrescoördinaten beschikbaar gesteld door de gemeente Rotterdam. De maat van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) is per kind berekend als de blootstelling aan het actuele adres op het betreffende meetmomenten (op 12, 18, 24 en 30 maanden),

en word als zodanig door verschillende variabelen onderscheiden, namelijk  $L_{den\_12}$ ,  $L_{den\_18}$ ,  $L_{den\_24}$ , en  $L_{den\_30}$ .

### 3.2.5

#### Statistische analyse

De statistische analyses van de relatie tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid aan huis en cognitieve ontwikkeling van het kind (op verschillende leeftijden) zijn gericht op zowel non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling. Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 maanden is gemeten met behulp van de Minnesota Infant Development Inventory (MIDI), en op 24 en 30 maanden met behulp van de Parent Report of Children's Abilities (PARCA). Verbale cognitieve ontwikkeling op 18 maanden is gemeten met behulp van de Nederlandse vertaling van de MacArthur Short Form Vocabulary Checklist (N-CDI2A), waarbij onderscheid is gemaakt tussen met woordproductie (WP) en woordbegrip (WB). Ook is bij 30 maanden verbale cognitieve ontwikkeling onderzocht met behulp van het Language Development Survey (LDS), waarbij een mogelijke achterstand in taalontwikkeling werd gedefinieerd als een woordenschat die binnen de laagste 30 % van de LDS somscores lag ( $LDS_{30\%}$ ). Hoe hoger deze score, hoe meer kinderen een achterstand in woordenschat hebben.

Voor de statistische analyses van non-verbale cognitieve ontwikkelingsmaten zijn multiple lineaire regressies gebruikt. Voor de analyses van de verbale cognitieve ontwikkelingsmaten zijn multiple logistische regressies gebruikt. Hieronder volgt een gedetailleerd overzicht van de uitgevoerde analyses.

De eerste fase van de analyses bestond uit het verkrijgen van een algemeen indruk van de mogelijke verbanden tussen de variabelen van de eindmaten (de maten van cognitieve ontwikkeling), de hoofdvoorspeller (blootstelling aan wegverkeergeluid) en de mogelijke covariaten. Hiervoor zijn de gemiddelden van de eindmaten en mogelijke covariaten tussen een lage ( $< 55$  dB) en een hoge ( $\geq 55$  dB) belaste groep onderling vergeleken, waarbij het verschil statistisch met behulp van een Mann-Whitney U test is getoetst. Om mogelijke bronnen van multicollineariteit op te sporen (bijvoorbeeld bij een correlatie  $R > 0.50$ ), zijn ook de onderlinge univariate Pearson correlaties tussen de mogelijke covariaten, en tussen de maat van wegverkeergeluid blootstelling en de mogelijke covariaten, berekend.

De tweede fase van de analyse bestond uit de regressie analyses zelf. Voor elk eindmaat zijn drie modellen getest. Model A bestaat uit een univariaat model waarin de eindmaat als afhankelijke variabele fungeert, en de maat van blootstelling aan wegverkeergeluid de enige onafhankelijke variabele (voorspeller) van het model is. Model B is een uitbreiding van model A waarin er additioneel gecorrigeerd wordt voor een aantal, uit de wetenschappelijke literatuur bekende, belangrijke determinanten van cognitieve ontwikkeling bij kinderen, namelijk: de leeftijd, het geslacht, en etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder. Model C is vervolgens een verdere uitbreiding van model B met een selectie van variabelen uit een set van tien verdere eigenschappen van het kind en moeder waarvan op basis van de wetenschappelijke literatuur tenminste enige aanwijzing van een mogelijk verband met de cognitieve ontwikkeling van kinderen is. Deze set eigenschappen bestond uit: het bewonen van een koop- of huurhuis, leeftijd van de moeder, pariteit van de moeder bij intake, zwangerschapsduur bij geboorte, de taal die thuis het meest gesproken wordt, naar de crèche gaan, het functioneren van de familie, door een arts gediagnosticeerde gehoorproblemen bij het kind, de burgerlijke staat van de moeder, en het gemiddelde inkomen per inkomensontvanger op buurt niveau. Van de covariaten werden leeftijd van het kind en de moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, en buurtgemiddelde inkomen als continue variabelen aan de modellen toegevoegd, terwijl geslacht en etniciteit van het kind, het opleidingsniveau van de moeder, het bewonen van een koop- of huurhuis, pariteit van de moeder bij intake, de taal die thuis het meest gesproken wordt, naar de crèche gaan, het functioneren van de

familie, door een arts gediagnosticeerde gehoorproblemen bij het kind, en de burgerlijke staat van de moeder allen als categorische variabelen aan de modellen werden toegevoegd. Bij de regressie analyses kregen de missende waarden van een covariaat een 'missende waarde' code toebedeeld. Alle andere missende waarden zijn in de analyses 'listwise' uitgesloten. Door middel van een stapsgewijze ("backwards") eliminatieprocedure (met  $P_{uit} > 0.05$ ) werd per ronde van de procedure steeds de minst significant gerelateerde variabele uit het model gezet, totdat alle overgebleven variabelen van de oorspronkelijke set van tien een significante bijdrage aan het model hadden. Het resultaat van deze eliminatieprocedure leverde model C op.

Vervolgens zijn dezelfde analyses gedaan voor verschillende deelgroepen binnen de gehele steekproef. Enerzijds is binnen deelgroepen gekeken waarvan voorafgaand verwacht wordt dat zij mogelijk sterkere effecten van verkeergeluid laten zien. Anderzijds is binnen grote homogene deelgroepen gekeken, om analyses te kunnen uitvoeren waarin de (mogelijke) verstoring door bv. sociaal-economische en andere factoren beperkter is. Daarom zijn de volgende subgroepen nader onderzocht: 1) kinderen waar thuis altijd Nederlands gesproken wordt, en 2) etnisch Nederlandse kinderen waarvan de moeder een middelbaar opleidingsniveau heeft. Een deelgroep die mogelijk sterker reageert op wegverkeergeluid is de deelgroep kinderen/moeders die in een woning leven die niet over een stille zijde beschikt, zodat zij niet over de mogelijkheid beschikken om binnenshuis voor het geluid te kunnen 'vluchten'. Wanneer de blootstelling van een woning aan de volgende criteria voldeed, werd aangenomen dat deze over een stille zijde beschikte: de blootstelling aan wegverkeergeluid op de meest belaste gevel maximaal 45 dB (max.  $L_{den} \leq 45$  dB) en op de minst belaste gevel maximaal 40 dB (min.  $L_{den} \leq 40$  dB), met een onderling verschil van maximaal 10 dB (max.  $L_{den} - \min. L_{den} \leq 10$  dB).

Kinderen van een etnisch niet-Nederlandse afkomst of bij wie thuis niet altijd Nederlands gesproken wordt zijn ook interessante deelgroepen, omdat zij mogelijk meer verstoring van taalontwikkeling door geluid ondervinden, wanneer dit het leren van een taal betreft die niet de eigen moedertaal is. Echter, door een samenspel van het aantal etnisch niet-Nederlandse groepen en hun sowieso kleinere aantal binnen de steekproef, en het feit dat de gebruikte vragenlijsten voornamelijk op de Nederlandse taal zijn gericht, betekent dat er binnen het huidige databestand een te geringe hoeveelheid aan gegevens over verbale cognitieve ontwikkeling van kinderen van niet-Nederlandse afkomst bestaat om een zinvolle analyse voor elke etnische groep te kunnen uitvoeren. Er is daarom gekozen om geen verdere analyses voor de verschillende etnische groepen apart te verrichten.

In het geval van lineaire regressie zijn de resultaten weergegeven als regressie coëfficiënten, in het geval van logistische regressie zijn de resultaten weergegeven als 'odds ratios' (OR). In beide gevallen zijn de bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen (BI) weergegeven. De regressie coëfficiënten geven een verandering in de cognitieve ontwikkelingsmaat per eenheid toename (c.q. afname) aan blootstelling aan wegverkeergeluid weer. Odds ratios geven een benadering van het relatieve risico weer. Een significantieniveau van  $P \leq 0.05$  werd beschouwd als indicatief voor een significant verband. Een  $P \leq 0.10$  werd aangenomen als een mogelijke trend. De statistische analyses werden uitgevoerd met behulp van het statistisch software pakket SPSS versie 16.0 voor Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

### 3.3 Resultaten

#### 3.3.1 Beschrijvende statistieken

Tabellen 4.1a en 4.1b geven via beschrijvende statistieken (bv. aantallen, gemiddeldes met standaard deviaties, of percentages) een overzicht van de algemene kenmerken en de cognitieve



ontwikkelingsmaten van de deelnemende moeders en hun kinderen, op elk van de vier tijdstippen waarop er getest is, weer. De kenmerken en cognitieve scores van de moeders en kinderen op de vier verschillende tijdstippen kwamen sterk overeen. Dit geeft aan dat de studie populatie qua kenmerken stabiel is met het verstrijken van de tijd.

Uit een analyse van de missende data blijkt dat de kinderen, voor wie de verbale en non-verbale cognitieve ontwikkelingstest scores op 12, 18, 24 en 30 ontbreken, een kortere zwangerschapsduur hadden bij de geboorte en minder vaak etnisch Nederlands zijn, vergeleken met de kinderen waarvan de test scores wel beschikbaar waren. Hun moeders waren over het algemeen jonger, hadden meer kinderen gebaard, waren minder hoog opgeleid, en bewoonden minder vaak een woonschip.

**Tabel 4.1a.** Beschrijvende statistieken van de eigenschappen van de deelnemende moeders en hun kinderen gedurende verschillende tijdstippen in de studie.

concept

| Deelnemer  | Eigenschappen   | N          | Tijdstip tijdens de studie |                          |                          |                          |                          |
|--|---|------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|  |   |            | Bij intake                 | 12 maanden               | 18 maanden               | 24 maanden               | 30 maanden               |
| Kind   | Leeftijd (maanden)  | -          | -                          | 12.7 (2.0)<br>[N = 5199] | 18.5 (1.1)<br>[N = 5315] | 24.5 (1.3)<br>[N = 5410] | 31.4 (2.1)<br>[N = 4766] |
|  | Geslacht (% vrouwelijk)   | 9721       | 49.3                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Nederlandse / Kaukasische etniciteit (%)                                | 8915       | 62.7                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Zwangerschapsduur bij geboorte (weken)                                  | 9743       | 39.7 (2.0)                 | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Gehoorproblemen (%)   | 5309       | -                          | -                        | -                        | 1.3                      | -                        |
|  | Naar de crèche (%)  | -          | -                          | 77.4<br>[N = 5149]       | -                        | 80.5<br>[N = 5344]       | -                        |
|  | ‘Dag-avond-nacht’ blootstelling aan wegverkeergeluid, $L_{den}$ (dB(A)) | -          | -                          | 54.1 (7.3)<br>[N = 6170] | 54.1 (7.3)<br>[N = 5854] | 54.1 (7.2)<br>[N = 5515] | 54.0 (7.1)<br>[N = 5108] |
| Moeder   | Leeftijd (jaren)  | 9897       | 29.9 (5.4)                 | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Opleidingsniveau (%)  | 8659       | -                          | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Lager of geen   | 967        | 11.2                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Middelbaar  | 3979       | 46.0                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Hoger   | 3713       | 42.9                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Pariteit (% nullparous)   | 9521       | 55.0                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Huiseigenaar (%)  | 6684       | -                          | -                        | -                        | 54.6                     | -                        |
|  | Thuis Nederlands spreken (% altijd)                                     | 8054       | 73.1                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
|  | Functioneren van de familie (% zeer goed / uitstekend)                  | 5314       | -                          | -                        | -                        | 69.3                     | -                        |
|  | Burgerlijke staat (% Gehuwd / samenwonend)                              | 8666       | 85.6                       | -                        | -                        | -                        | -                        |
| Buurtgemiddelde jaarlijks inkomen per verdiener (kEUR) | 7666  | 18.4 (3.5) | -                          | -                        | -                        | -                        |                          |

Statistieken worden weergegeven als gemiddeldes (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.

**Tabel 4.1b.** Beschrijvende statistieken van de op verschillende tijdstippen onderzochte cognitieve ontwikkelingsmaten.

| <i>Deelnemer</i> | <i>Cognitieve ontwikkelingsmaat</i>  | <i>N</i> | <i>Gemiddelde (SD)</i> | <i>%</i> |
|------------------|--|----------|------------------------|----------|
| Kind             | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 maanden ( <i>MIDI</i> )  | 5005     | -6.1 (6.6)             | -        |
|                  | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden ( <i>PARCA_24</i> )  | 5341     | 18.7 (3.2)             | -        |
|                  | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 30 maanden ( <i>PARCA_30</i> )  | 4339     | 46.9 (5.7)             | -        |
|                  | Verbale cognitieve achterstand op 18 maanden, woordproductie ( <i>N-CDI2A_WP</i> , % ≤ 10 <sup>e</sup> percentiel) | 5289     | -                      | 15.9     |
|                  | Verbale cognitieve achterstand op 18 maanden, woordbegrip ( <i>N-CDI2A_WB</i> , % ≤ 10 <sup>e</sup> percentiel)    | 5204     | -                      | 10.1     |
|                  | Verbale cognitieve ontwikkeling op 30 maanden ( <i>LDS</i> )   | 4674     | 236.9 (61.9)           | -        |
|                  | Verbale cognitieve achterstand op 30 maanden ( <i>LDS_30%</i> , % ≤ 30 <sup>e</sup> percentiel)                    | 4296     | -                      | 22.3     |

Statistieken worden weergegeven als gemiddeldes (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.

*MIDI*: Leeftijdsgecorrigeerde maat van het bereiken van mijlpalen uit vijf ontwikkelingscategorieën van cognitieve en motorieke vaardigheden (i.e. algemene ontwikkeling) relatief tot de ontwikkeling binnen een referentie steekproef, gebaseerd op de ‘Minnesota Infant Development Inventory’ (*MIDI*). Een negatieve waarde duidt een achterstand in de algemene ontwikkeling aan (uitgedrukt in weken), relatief tot de referentie steekproef.

*N-CDI2A\_WP*: Leeftijd- en geslacht gecorrigeerde percentielen van het aantal woorden dat een kind zelf uitspreekt, op basis van de Nederlandse vertaling van het ‘MacArthur Short Form Vocabulary Checklist’ (*N-CDI2A*). Deze percentielen zijn bij het 10<sup>e</sup> percentiel gedichotomiseerd, waarbij een score nul een achterstand in de ontwikkeling in termen van woordproductie (*WP*) aanduid (c.q. een somscore kleiner dan het 10<sup>e</sup> percentiel).

*N-CDI2A\_WB*: Leeftijd- en geslacht gecorrigeerde percentielen van de somscore aantal woorden dat een kind begrijpt, op basis van de Nederlandse vertaling van het ‘MacArthur Short Form Vocabulary Checklist’ (*N-CDI2A*). Deze percentielen zijn bij het 10<sup>e</sup> percentiel gedichotomiseerd, waarbij een score nul een achterstand in de ontwikkeling in termen van woordbegrip (*WB*) aanduid (een somscore kleiner dan het 10<sup>e</sup> percentiel).

*PARCA\_24*: Maat van de non-verbale ontwikkeling van het kind bij een leeftijd van 24 maanden, beoordeeld op basis van het ouderrapport volgens het ‘Parent Report of Children’s Abilities’ (*PARCA*). *PARCA\_24* waardes zijn gestandaardiseerde *Z*-scores van het totaal aantal activiteiten dat het kind zelf uitvoeren kan.

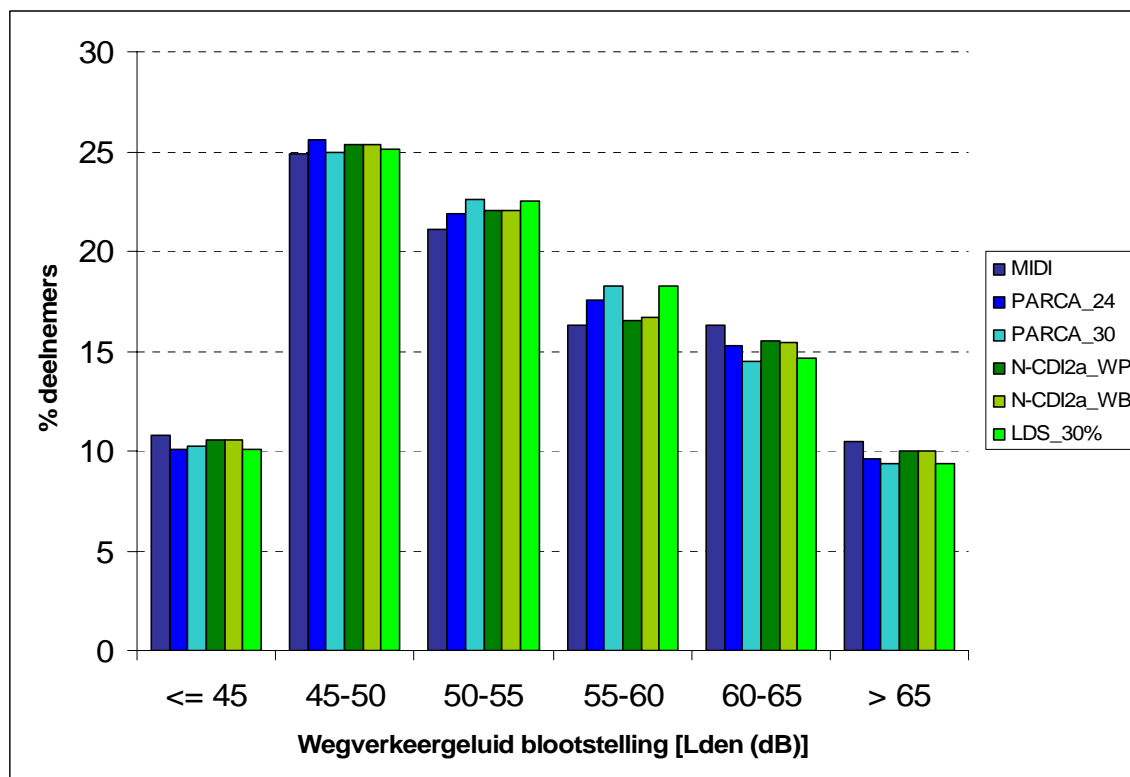
*PARCA\_30*: Maat van de non-verbale ontwikkeling van het kind bij een leeftijd van 30 maanden, beoordeeld op basis van het ouderrapport en de door de ouders afgenomen test volgens het ‘Parent Report of Children’s Abilities’ (*PARCA*). Waardes zijn gestandaardiseerde *Z*-scores.

*LDS*: Somscore van het totaal aantal woorden binnen het vocabulaire van het kind bij een leeftijd van 30 maanden, op basis van het ‘Language Development Survey’ (*LDS*).

*LDS\_30%*: Maat die op basis van de *LDS* aangeeft of het woordenschat een het kind bij een leeftijd van 30 maanden binnen het laagste 30<sup>e</sup> percentiel van de, in de steekproef, geobserveerde *LDS* scores valt. Een nul score duidt een achterstand in woordenschat weer.

### 3.3.2 Blootstelling

Figuur 4.1 toont, per cognitieve ontwikkelingsmaat, de verdeling van de deelnemers over de blootstelling aan wegverkeergeluid (per 5 dB categorie). Te zien is dat de percentages deelnemers per geluidscategorie tussen de verschillende cognitieve ontwikkelingsmaten vergelijkbaar zijn. Ook laat Figuur 4.1 zien dat ongeveer 10% van de deelnemers aan geluidsniveaus onder of gelijk aan 45 dB is blootgesteld, wat een niveau is dat beschouwd wordt als de stadsachtergrond. Nog eens 10 % van de kinderen woont in de omgeving van drukke wegen, waar de geluidsniveaus 65 dB of hoger zijn. Voor de overige 80% van de kinderen liggen de geluidsniveaus bij hun woning tussen de 45 dB en 65 dB.



**Figuur 4.1.** Verdeling van de percentages deelnemers per cognitieve ontwikkelingsmaat over de blootstelling aan wegverkeergeluid (in 5 dB categorieën).

Tabel 4.2 toont de kenmerken van de deelnemers en de cognitieve ontwikkelingsmaten van de kinderen tussen groepen met een lage (< 55 dB) en een hoge ( $\geq$  55 dB) geluidbelasting door wegverkeer. De tabel laat zien dat kinderen met een hogere geluidbelasting vaker naar de crèche gaan en vaker van Nederlandse of kaukasische etniciteit zijn. De moeders van deze kinderen blijken hoger te zijn opgeleid, spreken vaker thuis Nederlands, zijn vaker eigenaar van hun woning, en blijken vaker voor het eerst moeder te zijn geworden (lagere pariteit). Ook blijkt het buurtgemiddelde inkomen hoger te zijn in de hoger belaste groep. Tabel 4.2 geeft ook een eerste inzicht van een mogelijk effect van wegverkeergeluid en de richting daarvan op cognitieve ontwikkeling. Te zien is dat de verschillen in cognitieve ontwikkeling tussen de hoog en laag belaste kinderen klein zijn, en als zodanig statistisch niet significant zijn. Ook is te zien dat de richting van deze verschillen aangeven dat zowel de verbale, als ook non-verbale, cognitieve ontwikkeling van de hoger belaste kinderen beter is dan van de lager belaste kinderen.

**Tabel 4.2.** Vergelijking van de cognitieve ontwikkelingsmaten en eigenschappen van de moeders en hun kinderen tussen aan wegverkeergeluid hoog en lag belaste groep

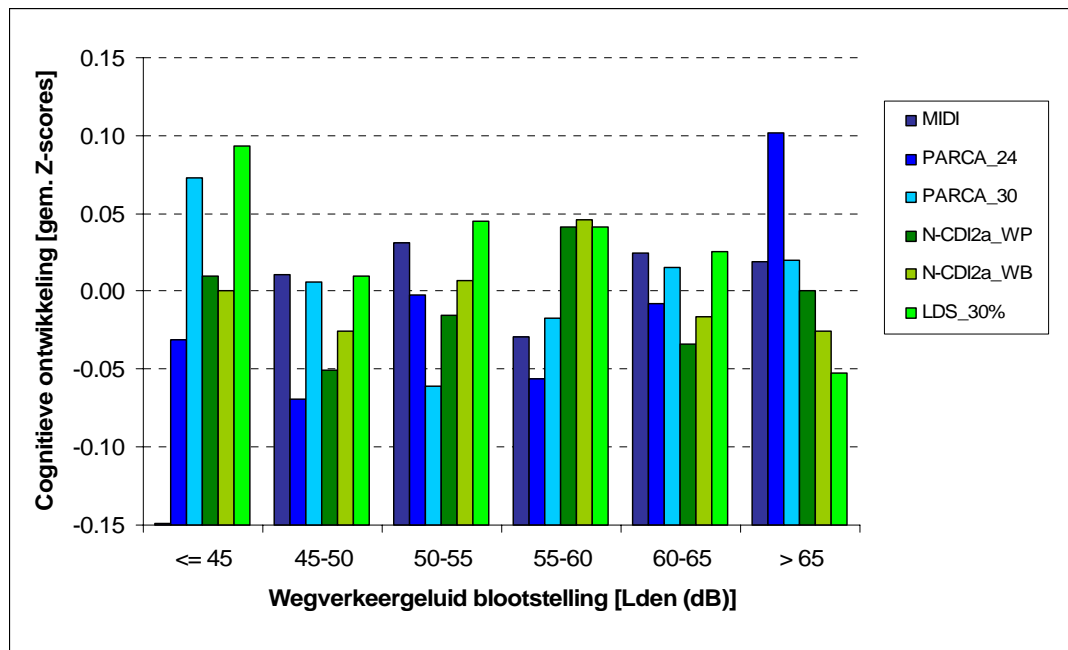
|   |  | <b>Blootstelling aan wegverkeergeluid</b> |                               |           |
|---|--|---|-------------------------------|-----------|
| <i>Deelnemer</i>  | <i>Cognitieve ontwikkelingsmaat</i>  | <i>L<sub>den</sub> &lt; 55 dB</i>         | <i>L<sub>den</sub> ≥ 55dB</i> |           |
| Kind  | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 maanden ( <i>MIDI</i> )  | -6.1 (6.6) [ <i>n</i> = 2219]             | -6.0 (6.8) [ <i>n</i> = 1686] | <i>ns</i> |
|   | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden ( <i>PARCA_24</i> )  | 18.5 (3.2) [ <i>n</i> = 2145]             | 18.7 (3.2) [ <i>n</i> = 1580] | <i>ns</i> |
|   | Non-verbale cognitieve ontwikkeling op 30 maanden ( <i>PARCA_30</i> )  | 46.9 (5.8) [ <i>n</i> = 1616]             | 47.0 (5.7) [ <i>n</i> = 1178] | <i>ns</i> |
|   | Verbale cognitieve achterstand op 18 maanden, woordproductie ( <i>N-CDI2A_WP</i> , % ≤ 10 <sup>e</sup> percentiel) | 16.9 [ <i>n</i> = 2263]                   | 15.8 [ <i>n</i> = 1642]       | <i>ns</i> |
|   | Verbale cognitieve achterstand op 18 maanden, woordbegrip ( <i>N-CDI2A_WB</i> , % ≤ 10 <sup>e</sup> percentiel)    | 10.4 [ <i>n</i> = 2225]                   | 10.0 [ <i>n</i> = 1618]       | <i>ns</i> |
|   | Verbale cognitieve achterstand op 30 maanden ( <i>LDS_30%</i> , % ≤ 30 <sup>e</sup> percentiel)                    | 23.8 [ <i>n</i> = 1623]                   | 22.9 [1189]                   | <i>ns</i> |
| <i>Deelnemer</i>  | <i>Eigenschap</i>  | <i>L<sub>den</sub> &lt; 55 dB</i>         | <i>L<sub>den</sub> ≥ 55dB</i> |           |
| Kind  | Geslacht (% vrouwelijk)  | 50.0 [ <i>n</i> = 3609]                   | 49.3 [ <i>n</i> = 2561]       | <i>ns</i> |
|   | Nederlandse / Kaukasische etniciteit (%)   | 61.8 [ <i>n</i> = 3245]                   | 67.3 [ <i>n</i> = 2357]       | **        |
|   | Zwangerschapsduur bij geboorte ( <i>weken</i> )  | 39.8 (1.7) [ <i>n</i> = 3608]             | 39.8 (1.8) [ <i>n</i> = 2561] | <i>ns</i> |
|   | Gehoorproblemen (%)  | 1.5 [ <i>n</i> = 2133]                    | 1.2 [ <i>n</i> = 1563]        | <i>ns</i> |
|   | Naar de crèche (%)   | 78.4 [ <i>n</i> = 2150]                   | 81.9 [ <i>n</i> = 1571]       | *         |
| Moeder  | Leeftijd ( <i>jaren</i> )  | 30.5 (5.3) [ <i>n</i> = 3609]             | 30.7 (5.2) [ <i>n</i> = 2561] | <i>ns</i> |
|   | Opleidingsniveau (% hoog)  | 45.0 [ <i>n</i> = 3146]                   | 49.7 [ <i>n</i> = 2293]       | **        |
|   | Pariteit (% nullparous)  | 50.4 [ <i>n</i> = 3450]                   | 57.6 [ <i>n</i> = 2479]       | **        |
|   | Huiseigenaar (%)   | 55.8 [ <i>n</i> = 2461]                   | 60.6 [ <i>n</i> = 1877]       | **        |
|   | Thuis Nederlands spreken (% altijd)  | 72.3 [ <i>n</i> = 2884]                   | 77.6 [ <i>n</i> = 2127]       | **        |
|   | Functioneren van de familie (% zeer goed / uitstekend)   | 26.7 [ <i>n</i> = 2139]                   | 28.3 [ <i>n</i> = 1559]       | <i>ns</i> |
|   | Burgelijke staat (% Gehuwd / samenwonend)  | 87.2 [ <i>n</i> = 3150]                   | 87.7 [ <i>n</i> = 2283]       | <i>ns</i> |
| Buurtgemiddelde jaarlijks inkomen per verdiener ( <i>kEUR</i> ) | 18.6 (3.5) [ <i>n</i> = 3440]  | 18.9 (3.7) [ <i>n</i> = 2488]             | **                            |           |

Statistieken worden weergegeven als gemiddeldes (met standaard deviaties) voor continue variabelen, of als percentages voor categorische of binaire variabelen.

Statische vergelijking van de cognitieve ontwikkelingsmaten en de eigenschappen van de moeders en kinderen tussen beide wegverkeergeluid blootstellingcategorieën zijn uitgevoerd met Mann Whitney U tests: *ns* = niet significant; \* *P* ≤ 0.01, \*\* *P* ≤ 0.001.

### 3.3.3 Effecten op cognitieve ontwikkeling

Figuur 4.2 toont de verdelingen van scores van de cognitieve ontwikkelingsmaten uitgezet tegen de wegverkeergeluid blootstellingscategorieën. Figuur 4.2 geeft per 5dB categorie de gemiddelde Z-score van elk van de onderzochte cognitieve ontwikkelingsmaten weer. Een Z-score geeft aan hoeveel standaarddeviaties een bepaalde cognitieve ontwikkelingsscore vanaf de gemiddelde score zit. Hierdoor kunnen de verdelingen van de verschillende cognitieve ontwikkelingsmaten (die elk een andere schaal hebben) onderling vergeleken worden. Te zien is dat in de hoogste blootstellingscategorie de non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden (*PARCA\_24*) verhoogd lijkt t.o.v. de lagere blootstellingscategorieën. Ook lijkt de verbale cognitieve achterstand op 30 maanden (*LDS\_30%*) in de hoogste blootstellingscategorie lager te zijn dan in de overige blootstellingscategorieën. Bij de overige cognitieve ontwikkelingsmaten is met betrekking tot geluidsblootstelling geen duidelijk patroon te herkennen.



**Figuur 4.2.** Verdeling van de gemiddelde Z-scores van de cognitieve ontwikkelingsmaten per blootstellingscategorie. N.B. Hoe hoger de *LDS\_30%* Z-score, hoe meer kinderen met een achterstand in woordenschat. Voor alle overige maten geldt; hoe hoger de Z-score, hoe beter de cognitieve ontwikkeling.

#### 3.3.3.1 Regressie analyse

Tabel 4.3 geeft de resultaten van de regressie analyse weer. Het bovenste deel van de tabel geeft de resultaten van de lineaire regressie analyse voor de non-verbale cognitieve ontwikkelingsmaten weer. Het onderste deel van de tabel geeft de resultaten van de logistische regressie analyse voor de verbale cognitieve ontwikkelingsmaten weer. De verschillende modellen (A, B, en C) zijn in de drie kolommen weergegeven. De resultaten in de linker kolom (model A) laten de bijdragen van de blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op cognitieve ontwikkeling zien, zonder dat er met andere factoren rekening is gehouden. Te zien is dat, ongecorrigeerd, blootstelling aan

wegverkeergeluid ( $L_{den\_24}$ ) een significant ( $P < 0.05$ ) effect heeft op non-verbale cognitieve ontwikkeling bij 24 maanden ( $PARCA\_24$ ), en dat de richting hiervan positief is (m.a.w. een hogere belasting komt overeen met een betere non-verbale cognitieve ontwikkeling bij 24 maanden). Op alle overige onderzochte cognitieve ontwikkelingsmaten had  $L_{den}$ , ongecorrigeerd, geen significant effect.

De resultaten in de middelste kolom (model B) geven de bijdragen weer van de blootstelling aan wegverkeergeluid op de cognitieve ontwikkelingsmaten gecorrigeerd voor de leeftijd, het geslacht, en etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder. Ook hier zijn geen significante effecten van  $L_{den}$  op de onderzochte cognitieve ontwikkelingsmaten gevonden. Wel is er een marginaal significant, positief effect van blootstelling aan wegverkeergeluid op non-verbale cognitieve ontwikkeling bij 24 maanden ( $PARCA\_24$ ,  $P < 0.10$ ).

De resultaten in de rechter kolom (model C) geven de bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid op cognitieve ontwikkeling met de meest uitgebreide correctie voor mogelijke determinanten van cognitieve ontwikkeling bij kinderen. Ook in model C zijn geen significante associaties tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en verbale of non-verbale cognitieve ontwikkeling gevonden.

Geen van de onderlinge correlaties tussen de mogelijke covariaten, nog de correlaties tussen de blootstelling aan wegverkeergeluid en de mogelijke covariaten, waren  $R \geq 0.50$ , wat de kans op problemen tijdens de regressie analyses wegens multicollineariteit verkleint.

**Tabel 4.3.** Ongecorrigeerde en gecorrigeerde bijdragen van blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) op non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling in de leeftijd tussen 12 t/m 30 maanden.

| Non-verbale cognitieve ontwikkeling | Model A     |                 | Model B     |                  | Model C     |                 |
|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-----------------|
|                                     | Coëfficiënt | 95% BI          | Coëfficiënt | 95% BI           | Coëfficiënt | 95% BI          |
| Op 12 maanden ( <i>MIDI</i> )       | 0.02        | (-0.01, 0.05)   | < -0.01     | (-0.02, 0.03)    | < -0.01     | (-0.02, 0.04)   |
| Op 24 maanden ( <i>PARCA_24</i> )   | 0.02        | (< 0.01, 0.03)* | 0.01        | (< -0.01, 0.03)† | 0.01        | (< -0.01, 0.02) |
| Op 30 maanden ( <i>PARCA_30</i> )   | < 0.01      | (-0.03, 0.03)   | < -0.01     | (-0.03, 0.03)    | < -0.01     | (-0.03, 0.03)   |

| Verbale cognitieve ontwikkeling / achterstand | Model A |              | Model B |              | Model C |              |
|---|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|
|   | OR      | 95% BI       | OR      | 95% BI       | OR      | 95% BI       |
| Op 18 maanden ( <i>N-CDI2A_WP</i> )           | 1.00    | (0.99, 1.02) | 1.00    | (0.99, 1.02) | 1.00    | (0.99, 1.01) |
| Op 18 maanden ( <i>N-CDI2A_WB</i> )           | 1.00    | (0.99, 1.02) | 1.00    | (0.99, 1.02) | 1.00    | (0.99, 1.01) |
| Op 30 maanden ( <i>LDS_30%</i> )              | 0.99    | (0.98, 1.01) | 1.00    | (0.99, 1.01) | 1.00    | (0.99, 1.01) |

\*  $P \leq 0.05$ ; †  $P \leq 0.10$ .

Resultaten voor non-verbale cognitieve ontwikkelingsmaten: lineaire regressie coëfficiënten en bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen.  
Resultaten voor verbale cognitieve ontwikkelingsmaten: odds ratios (OR) met bijhorende 95% betrouwbaarheidsintervallen.

#### Model A

Ongecorrigeerd voor mogelijke covariaten. Blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ) enig voorspellende variabele in model.

#### Model B

*MIDI* gecorrigeerd voor: geslacht, etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder.

*N-CDI2A\_WP* & *N-CDI2A\_WB* gecorrigeerd voor: etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder.

Overige gecorrigeerd voor: leeftijd, geslacht, etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder.

#### Model C

*MIDI* gecorrigeerd voor: geslacht, etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder bewonen koop/huurhuis, leeftijd en pariteit moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, wel/niet thuis altijd Nederlands spreken, functioneren van de familie, gemiddelde buurt inkomen.

*PARCA\_24* gecorrigeerd voor: leeftijd, geslacht, etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder, pariteit moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, wel/niet thuis altijd Nederlands spreken, functioneren van de familie, gemiddelde buurt inkomen.

*PARCA\_30* gecorrigeerd voor: leeftijd, geslacht, etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, wel/niet naar de crèche, functioneren van de familie.

*N-CDI2A\_WP* gecorrigeerd voor: etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder leeftijd moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, wel/niet naar de crèche, aanwezigheid gehoorproblemen, functioneren van de familie.

*N-CDI2A\_WB* gecorrigeerd voor: etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder, leeftijd moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, aanwezigheid gehoorproblemen.

*LDS\_30%* gecorrigeerd voor: leeftijd, geslacht, etniciteit van het kind, opleidingsniveau van de moeder, zwangerschapsduur bij geboorte, wel/niet thuis altijd Nederlands spreken, aanwezigheid gehoorproblemen, functioneren van de familie.



## concept

### 3.3.4 Effecten in deelgroepen

Naast de analyse van de volledige steekproef, zijn de regressie analyses herhaald in deelgroepen binnen de steekproef. De eerste deelgroep betreft een mogelijk sterker op wegverkeergeluid reagerende groep, namelijk de deelnemers die in een woning zonder stille zijde wonen. De tweede deelgroep omvat alle deelnemers bij wie thuis altijd Nederlands gesproken wordt. De derde deelgroep omvat de grootste homogene deelgroep, namelijk de kinderen wiens moeder van Nederlandse etniciteit zijn en een middelbaar opleidingsniveau heeft.

#### 3.3.4.1 Effecten bij deelnemers die in een woning zonder stille zijde wonen

De analyses zijn binnen de subgroep deelnemers die in een woning wonen zonder een duidelijke stille zijde. Er zijn geen significante associaties gevonden tussen non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 en 30 maanden (*MIDI* en *PARCA\_30*) en blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ), zowel voor als na correctie voor mogelijke determinaten. Ook zijn er geen significante associaties tussen verbale cognitieve ontwikkeling op 18 maanden (*N-CDI2A\_WP* en *N-CDI2A\_WB*), en verbale cognitieve achterstand op 30 maanden (*LDS\_30%*), met blootstelling aan wegverkeergeluid gevonden, zowel met als zonder correctie voor mogelijke determinaten. De blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den\_24}$ ) bleek ongecorrigeerd wel significant geassocieerd te zijn met non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden (*PARCA\_24*,  $P < 0.05$ ). Ook bij correctie voor mogelijke determinaten (model B & C) zijn positieve, marginaal significante associaties tussen non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden en blootstelling aan wegverkeergeluid gevonden ( $P < 0.10$ ).

#### 3.3.4.2 Effecten bij deelnemers bij wie thuis altijd Nederlands gesproken word

Verder zijn de analyses herhaald binnen de subgroep deelnemers waar thuis altijd Nederlands gesproken word. Er zijn zowel ongecorrigeerd als gecorrigeerd geen significante associaties gevonden tussen non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 en 30 maanden (*MIDI* en *PARCA\_30*), verbale cognitieve ontwikkeling op 18 maanden (*N-CDI2A\_WP* en *N-CDI2A\_WB*), en verbale cognitieve achterstand op 30 maanden (*LDS\_30%*), met blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ). Blootstelling aan wegverkeergeluid was zowel ongecorrigeerd en gecorrigeerd significant, positief geassocieerd met non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden (*PARCA\_24*,  $P < 0.01$ ).

#### 3.3.4.3 Effecten bij kinderen wiens moeder etnisch Nederlands is en een middelbaar opleidingsniveau heeft

Tenslotte analyses uitgevoerd onder etnisch Nederlandse kinderen waarvan de moeder een middelbaar opleidingsniveau heeft. Er zijn zowel ongecorrigeerd als gecorrigeerd geen significante associaties gevonden tussen non-verbale cognitieve ontwikkeling op 12 en 30 maanden (*MIDI* en *PARCA\_30*), verbale cognitieve ontwikkeling op 18 maanden (*N-CDI2A\_WB*), en verbale cognitieve achterstand op 30 maanden (*LDS\_30%*), met blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den}$ ). Blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den\_18}$ ) bleek zowel ongecorrigeerd als ook gecorrigeerd marginaal significant ( $P < 0.10$ ) te zijn geassocieerd met verbale cognitieve ontwikkeling op 18 maanden (woordproductie, *N-CDI2A\_WP*). Ook bleek blootstelling aan wegverkeergeluid ( $L_{den\_24}$ ) zowel ongecorrigeerd als ook gecorrigeerd significant positief te zijn geassocieerd met non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden (*PARCA\_24*,  $P < 0.02$ ).

### 3.4 Discussie

concept

In dit geboorte-cohort van de Generation R studie zijn associaties bestudeerd tussen blootstelling van kinderen aan wegverkeergeluid en hun cognitieve ontwikkeling. In de periode vanaf de geboorte tot de leeftijd van 30 maanden is op verschillende tijdstippen de non-verbale cognitieve ontwikkeling en de taalontwikkeling getest. Op basis van de resultaten van de huidige analyses kan worden geconcludeerd dat er geen duidelijk effect van wegverkeergeluid op de non-verbale en verbale cognitieve ontwikkeling van de deelnemende kinderen in de leeftijden tussen 12 en 30 maanden heeft plaatsgevonden.

Binnen de gehele onderzochte steekproef zijn statistisch significante effecten van wegverkeergeluid alleen gevonden wanneer er geen rekening is gehouden met de bijdrage van bekende determinanten van cognitieve ontwikkeling bij kinderen (bv. geslacht, leeftijd en etniciteit van het kind, en het opleidingsniveau van de moeder), en dan enkel op één maat van non-verbale cognitieve ontwikkeling bij 24 maanden (PARCA). Ook wanneer er voor een aantal subgroepen binnen de steekproef (bv. deelnemers die in een huis wonen zonder een stille zijde, of deelnemers waar thuis altijd Nederlands gesproken wordt, of die van etnisch Nederlandse afkomst zijn) de analyses zijn herhaald, werden grotendeels alleen zonder correctie voor andere determinanten, maar in enkele gevallen ook met correctie, significante effecten van geluid op deze maat van non-verbale cognitieve ontwikkeling op 24 maanden gevonden. De richting van de gevonden effecten is wel steeds consequent positief, m.a.w. dat kinderen die thuis zijn blootgesteld aan een relatief hoog niveau van wegverkeergeluid beter scoren qua non-verbale cognitieve ontwikkeling dan kinderen die aan lagere geluidniveaus zijn blootgesteld. Dit opmerkelijke resultaat komt hoogst waarschijnlijk niet tot stand door een bevorderend invloed van wegverkeergeluid, maar is eerder een weerspiegeling van het feit dat in deze steekproef de kinderen uit de hoogst belaste groepen vaker van Nederlandse afkomst zijn, vaker thuis Nederlands spreken, moeders hebben die hoger zijn opgeleid, en in buurten met hogere inkomens wonen. Hoewel voor deze invloeden gedeeltelijk gecorrigeerd wordt door het opnemen van covariaten en door het onderzoeken van de verbanden in homogene deelgroepen, is het wellicht niet mogelijk hiervoor geheel te corrigeren.

Tot op heden zijn geen onderzoeken bekend die in een groot geboorte-cohort de effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid bestuderen in kinderen in de voorschoolse leeftijd. Wel hebben enkele studies de cognitieve effecten van wegverkeergeluid in kinderen in de basisschool leeftijd beschreven (Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006; Cohen et al., 1973; Lukas et al., 1981; Sanz et al., 1993; Kyzar et al., 1977; Karsdorf and Klappach, 1968; Lercher et al., 2003). Deze onderzoeken waren cross-sectioneel en hebben de relatie onderzocht tussen geluidbelasting door wegverkeer en woordbegrip tijdens het lezen, auditief onderscheidingsvermogen, aandachtsvermogen en geheugen als maten van cognitie. Bijna al deze onderzoeken beschrijven negatieve effecten van wegverkeergeluid op cognitieve prestaties. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het aantal deelnemers in de meeste van deze onderzoeken relatief klein is, variërend van 56 tot 262 deelnemers. Echter in het RANCH project (Stansfeld et al., 2005), dat de effecten van zowel vliegtuiggeluid als wegverkeergeluid op school bekijkt op woordbegrip tijdens het lezen in 2000 kinderen afkomstig uit drie Europese steden (Madrid, Londen en Amsterdam), werd geen associatie gevonden tussen blootstelling aan wegverkeergeluid en leesbegrip, terwijl deze relatie wel gevonden werd voor vliegtuiggeluid (Stansfeld et al., 2005; Clark et al.,

2006). De uitkomsten van ons onderzoek, die geen statistisch significante associatie laat zien tussen geluidbelasting door wegverkeer en cognitieve ontwikkeling in een populatie van meer dan 5000 kinderen in de voorschoolse leeftijd, is daarom consistent met de bevindingen van het RANCH project.

Het is mogelijk dat in dit onderzoek een selectie bias door het tussentijds uitvallen van deelnemers gedurende de eerste 30 maanden is opgetreden. Uit een analyse van missende data bleek dat de uitval van moeders en hun kinderen uit het Generation R onderzoek niet als een stochastisch proces is verlopen. Er is selectief uitval van etnisch niet-Nederlandse moeders en kinderen opgetreden, en/of van moeders/kinderen met een kortere zwangerschapsduur hadden. Deze kinderen zijn bovendien geboren bij jongere moeders, die lager opgeleid zijn. De bevindingen van ons onderzoek kunnen door dit selectie effect mogelijk minder representatief zijn voor de totale populatie van kinderen in Rotterdam.

Een beperking van het huidige onderzoek is dat de blootstellingsbepaling van wegverkeergeluid voor de deelnemers uitgaat van de blootstelling op de meest belaste gevel van de woning. Omdat er geen nauwkeurige gegevens over de demping door bv. de wanden van woning van elke deelnemer beschikbaar zijn, kan geen uitspraak gedaan worden over de daadwerkelijke wegverkeergeluid belasting binnen de woning. Hierdoor is de mogelijkheid aanwezig dat in sommige gevallen deelnemers die in een lawaaierig gebied wonen een hoger belastingsniveau wordt toegeschreven (op basis van de belasting aan de gevel), terwijl de daadwerkelijke wegverkeergeluidbelasting binnen de woning door een betere akoestische prestatie van de woningschil er toe leidt dat de belasting binnen vergelijkbaar is met de belasting binnen een slechter geïsoleerde woning dat in een minder lawaaierig gebied staat. Ook kan het zo zijn dat een mogelijk verband tussen wegverkeergeluid en cognitieve ontwikkeling geen lineair patroon volgt, of dat pas vanaf een nader te bepalen blootstellingniveau een effect is te detecteren. Omdat hiervoor geen duidelijke aanwijzing is gevonden, zie bv. Figuur 4.2, is hier niet nader op ingegaan.

Een opmerkelijke bevinding wat betreft de studie populatie binnen dit onderzoek is dat kinderen die in delen van de stad wonen waar de blootstelling aan wegverkeergeluid hoog is, vaker etnisch Nederlands waren, en dat de moeders van deze kinderen hoger opgeleid waren. Het lijkt erop dat in het studiegebied van Generation R (Rotterdam-Noord) deelnemers met een hogere sociaal-economische status vaker op plaatsen in de stad wonen met veel wegverkeergeluid. Dit is een interessante bevinding, omdat vaak in onderzoeken juist het omgekeerde gevonden wordt (bv. de Kluzenaar et al., 2007). Dan zijn het juist de locaties in de buurt van drukke wegen die mensen met een lagere sociaal-economische status aantrekken, bijvoorbeeld door de lagere woonkosten.

Voor zover bij ons bekend hebben geen andere onderzoeken de effecten van blootstelling aan wegverkeergeluid in de woonomgeving op de cognitieve ontwikkeling bestudeerd in kinderen in de voorschoolse leeftijd in een dergelijk groot geboortecohort. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor het bestaan van een associatie tussen geluidbelasting door wegverkeer en de cognitieve ontwikkeling (zowel ontwikkeling van de taalvaardigheid als non-verbale cognitieve ontwikkeling) van kinderen. Deze bevindingen zijn consistent met bevindingen uit de recente RANCH studie (Stansfeld et al., 2005; Clark et al., 2006), waarin eveneens geen relatie tussen wegverkeergeluid en cognitieve prestaties bleek vast te stellen.

### 3.5 Referenties

- Borst HC, Miedema HME. Comparison of noise impact indicators, calculated on the basis of noise maps of DENL. *Acta Acustica*. 2005;91:378–385.
- Bronzaft AL, McCarthy DP. The effects of elevated train noise on reading ability. *Environ Behav* 1975;7:517-527.
- Bronzaft AL. The effect of a noise abatement program on reading ability. *J Environ Psychol* 1981;1:215-222.
- Cohen S, Evans GW, Stokols D, Krantz DS. *Behavior, Health and Environmental Stress*. New York: Plenum Press 1986.
- Cohen S, Glass DC, Singer JE. Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children. *J Exp Soc Psychol* 1973;9:407-422.
- Creighton D, Sauve R. The Minnesota Infant Development Inventory in the developmental screening of high-risk infants at eight months. *Can J Beh Sci* 1988;20:424-433.
- Dinnebeil LA, Rule S. Congruence between parents' and professionals' judgments about the development of young children with disabilities: A review of the literature. *Top Early Child Spec Educ* 1994;14:1-25.
- Evans GW, Kielwer W, Martin J. The role of the physical environment in the health and well-being of children. In: Harold E, Schroeder E (Eds.), *New Directions in health psychology assessment series in applied psychology: Social issues and questions*, 1<sup>st</sup> edn. Hemisphere Publishing Corp, New York, NY, USA 1991:127-157.
- Evans GW, Lepore SJ. Non-auditory effects of noise on children: a critical review. *Child Environ* 1993;10:42-72.
- Evans GW. Chronic noise exposure and reading deficits: the mediating effects of language acquisition. *Environ Behav* 1997;29:638-656.
- Evans GW. Child development and the physical environment. *Annu Rev Psychol* 2006;57:423-51.
- Fenson L, Dale PS, Reznick JS, Bates E, Thal DJ, Pethick SJ. Variability in early communicative development. *Monogr Soc Res Child Dev* 1994;59:1-173, discussion:174-185.
- Fenson L, Pethick S, Renda C, Cox JL, Dale PS, Reznick JS. Short-form versions of the MacArthur Communicative Development Inventories. *Appl Psycholinguist* 2000;21:95-115.
- Haines MM, Stansfeld SA, Job RFS, Berglund B, Head J. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychol Med* 2001;31:265-277.
- Heft H. Background and focal environmental conditions of the home and attention in young children. *J Appl Soc Psychol* 1979;9:47-69.
- Hygge S, Evans GW, Bullinger M. Prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychol. Sci.* 2002; 13:469-474.
- Ireton H, Thwing E. *The Minnesota Infant Development Inventory*. Minneapolis, MN: Behavior Science Systems, 1980.
- Ireton H. *Child Development Inventories in education and healthcare: Screening and assessing young children*. Minneapolis, MN: Behavior Science Systems, 1997.
- Jaddoe VW, Bakker R, van Duijn CM, van der Heijden AJ, Lindemans J, Mackenbach JP, Moll HA, Steegers EA, Tiemeier H, Uitterlinden AG, et al. The Generation R Study Biobank: a resource for epidemiological studies in children and their parents. *Eur J Epidemiol* 2007;22:917-923.
- Jaddoe VW, van Duijn CM, van der Heijden AJ, Mackenbach JP, Moll HA, Steegers EA, Tiemeier H, Uitterlinden AG, Verhulst FC, Hofman A. The Generation R Study: design and cohort update until the age of 4 years. *Eur J Epidemiol* 2008;23:801-811.

- Kluzenaar Y de, Pierik FH, Zandveld PYJ, Borst HC, Miedema HME. Physical environment in Generation R Phase 1: Assessment of the physical environment in Generation R. TNO report 2007-D-R0785/C.
- Lercher P, Evans GW, Meis M. Ambient noise and cognitive processes among primary school children. *EnvironBehav* 2003;35:725-735.
- Lukas JS, DuPree RB, Swing JW. Report of a study on the effects of freeway noise on academic achievement of elementary school children, and a recommendation for a criterion level for a school noise abatement program. California Department of Health Services, Sacramento, CA, 1981.
- Miedema HME. Annoyance caused by environmental noise: elements for evidence-based noise policies. *J Soc Issues* 2007;63:41-57.
- Reilly A, Eaves R. Factor Analysis of the Minnesota Infant Development Inventory based on a hispanic migrant population. *Educ Psychol Meas* 2000;60:271-285.
- Rescorla L. The Language Development Survey: a screening tool for delayed language in toddlers. *J Speech Hear Disord* 1989;54:587-599.
- Rubel EW, Popper AN, Fey RR (Eds.) Development of the auditory system. Springer Handbook of Auditory Research, Vol 9, New York: Springer, 1998.
- Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull* 2003;68:243-57.
- Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Ohrström E, Haines MM, Head J, Hygge S, van Kamp I, Berry BF; RANCH study team. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 2005;365:1942-1949.
- Sanz SA, Garcia AM, Garcia A. Road traffic noise around schools: a risk for pupil's performance. *Int Arch Environ Health* 1993;65:205-207.
- Saudino KJ, Dale PS, Oliver B, Petrill SA, Richardson V, Rutter M, Simonoff E, Stevenson J, Plomin R. The validity of parent-based assessment of the cognitive abilities of 2-year-olds. *Br J Dev Psychol* 1998;16:349-363.
- World Health Organization. Technical meeting on exposure-response relationships of noise on health. 19-21 September 2002 Bonn, Germany. 2003: 128-142.
- Zink I, Lejaegere M. N-CDIs: Korte vormen, aanpassing en hernormering van de MacArthur Short Form Vocabulary Checklists van Fenson et al. Leuven/Leusden: Acco, 2003.