
RL - HR - 03 - 03

- Hinder door spoorweg-
geluid in de woon-
omgeving
- Belästigung durch
Schienenverkehrslärm
in Wohngebieten
- Railroad noise
annoyance in
residential areas
- Gêne causée par le
bruit des trains dans les
zones d'habitation



**INTERDEPARTEMENTALE
COMMISSIE
GELUIDHINDER**

1 Rapport nr. RL-HR-03-03	7 Archief nr.	
2 Sub-titel Rapport Hinder door spoorweggeluid in de woonomgeving	8 Datum Publicatie februari 1984	
3 Schrijver(s) drs. A.L. Peeters drs. R.G. de Jong drs. J.P. Kaper Ing. J.C. Tukker	9 Rapport nr. Instituut D 60	
4 Uitvoerend Instituut, Naam Adres IMG-TNO te Delft	10 Tijdschrift nr.	
	11 Opdracht nr.	
5 Opdrachtgever(s) Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne	12 Rapporttype en periode Hoofdrapport mei 1982 veldwerk 1977	
6 Titel Onderzoekproject Onderzoek dosis-effec-trelatie voor railverkeerlawaai		
13 Samenvatting <p>Het onderzoek "Hinder door spoorweggeluid in de woonomgeving" (RL-HR-03-03) dat door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer is gepubliceerd, toont aan dat vanaf een geluidbelasting van 50 dB (A) etmaalwaarde tot 60 à 65 dB (A) etmaalwaarde spoorweglawaai net zo hinderlijk of hinderlijker wordt bevonden als lawaai van autosnelwegen. Het wegverkeerslawaai wordt boven de 65 dB (A) etmaalwaarde als duidelijk hinderlijker dan spoorweglawaai ervaren. Vooral goederentreinen 's nachts en het ('s nachts) werken aan de spoorbaan worden als hinderlijke elementen ervaren.</p> <p>De kwaliteit van de geluidwering van de gevel heeft in dit onderzoek geen aantoonbare invloed op de hinderbeleving; wel is de oriëntatie van de woning (stille achterzijde) van belang.</p> <p>Over beleving van spoorweglawaai verscheen in 1983 reeds "Gewenning aan het geluid van een nieuwe spoorlijn" RL-HR-03-02, terwijl kort geleden een handleiding is verschenen met betrekking tot het akoestisch verantwoord bouwen dicht bij de spoorlijn "Bijvoorbeeld Spoorweglawaai" (codenummer GF-HR-07-01). Deze onderzoeken zijn van belang voor de wettelijke regeling ter bestrijding van spoorweglawaai die thans door het departement wordt voorbereid.</p>		
14 Begeleidingscommissie ir. M. van den Berg DGMH mr. N.R. van Ravesteijn DGMH drs. R.J. Smit DGV ir. J.A. Bergs DGVH hr. J. Nolthuis NS ir. J.A. van der Hoek NS ir. R. Hemelrijk NS dr. ir. T. ten Wolde TPD/TNO-TH	15 Bijbehorende rapporten	
	16 Aantal blz. 146	17 Prijs f 15,-

VOORWOORD

Dit omvangrijke rapport is het derde dat handelt over de beleving van railverkeerslawaaï. Terwijl het eerste rapport (RL-HR-03-01) als literatuurstudie met name een functie had voor de grenswaardenstelling in de Circulaire Spoorweglawaaï (mei 1979), moeten voor de beoordeling van railverkeerslawaaï in het kader van hoofdstuk VII van de Wet geluidhinder, de rapporten RL-HR-03-02 (De gewenning aan geluid van een nieuwe spoorlijn) en RL-HR-03-03 (Hinder door spoorweggeluid in de woonomgeving) in hun onderlinge samenhang gezien worden.

Het zoneringsstelsel van de Wet geluidhinder kent een nauwe samenhang met de Wet ruimtelijke ordening; het bijbehorende normeringssstelsel is dan ook in de eerste plaats op planning (de totstandkoming van bestemmingsplannen) gericht: aanleg of wijziging van nieuwe spoorlijnen, al of niet gecombineerd met de nieuwbouw van woningen. De voorkeursgrenswaarden uit de Wet geluidhinder zijn op te vatten als planningsnormen, dat wil zeggen de waarde waarboven effecten gaan optreden en waarmee in het ruimtelijke ordeningsproces rekening kan worden gehouden. Dit hoeft dan nog niet direct tot maatregelen of kosten te leiden; kenmerk van een goede ruimtelijke ordening is een besparing op (maatschappelijke) kosten.

De conclusies van het voorliggende rapport zijn dat - afhankelijk van het beschouwde hindereffect - hinder gaat toenemen tussen 50 en 60 dB(A) (etmaalwaarde). Vooral de specifieke hinder en trillinghinder nemen reeds vanaf circa 55 dB(A) sterk toe. Een duidelijk verschil met de beleving van van wegverkeer is dat de mate waarin ernstige hinder wordt veroorzaakt minder snel stijgt en in absolute zin minder hoge waarden bereikt.

Het rapport RL-HR-03-02 geeft aan dat bij nieuwe spoorlijnen bij gelijke geluidniveaus grotere effecten zijn te verwachten.

Internationaal gezien bevestigt dit onderzoek bevindingen uit Engeland, Duitsland, Denemarken en Zwitserland die daar de laatste jaren zijn opgedaan. Het voorliggende rapport slaat in dit gezelschap bepaald een goed figuur door de gedegenheid en diepgang waarmee de materie is behandeld.

Dit alles overziende biedt het een solide basis om een wettelijke grenswaarde voor het railverkeerslawaaï vast te stellen.

De Voorzitter van de
Subcommissie Railverkeerslawaaï,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pabon', written in a cursive style.

ir. W.H. Pabon

HINDER DOOR SPOORWEGGELUID
IN DE WOONOMGEVING

A.L. Peeters, R.G. de Jong,
J.C. Tukker en J.P. Kaper

Sectie Sociale Wetenschappen

Project 4.2.46

Opdrachtgever: Ministerie van
Volksgezondheid en Milieuhygiëne

ICG-projectnummer: RL-03

SAMENVATTING

Door TNO is een onderzoek uitgevoerd naar hinder door spoorweglawaai. De doelstellingen bij dit onderzoek zijn als volgt geformuleerd.

1. Het verkrijgen van inzicht in de aspecten van hinder die speciaal bij spoorweglawaai belangrijk zijn.
2. Het bestuderen van de verbanden tussen de geluidbelasting en storings- en hinderreacties.
3. Het bestuderen van andere factoren dan de geluidbelasting die te maken hebben met negatieve reacties op spoorweglawaai.

In 1977 zijn 671 mensen, wonend in negen steden en dorpen langs spoorlijnen in Nederland, geënquêteerd. Tevens zijn geluidmetingen en -berekeningen uitgevoerd.

De hinderlijkste elementen van het treinverkeer zijn de goederentreinen, werkzaamheden aan de lijn en het geven van signalen. Het meest voorkomende als negatief ervaren effect van treinen is van niet-auditieve aard: het trillen van de woning.

Hierna volgt verstoring van diverse communicatievormen.

Het LAeq (24h) voor alle treintypen, gemeten aan de meest belaste geveldelen van de woningen, blijkt de beste enkelvoudige hindervoorspeller, hoewel de verschillen met enkele andere maten (zoals de etmaalwaarde) zeer gering zijn. Combinatie van deze maat met de afstand tot de spoorlijn en het LAeq (24h) aan het minst belaste geveldeel leidt tot een nog betere hindervoorspelling.

De oriëntatie van de woning ten opzichte van de spoorlijn (parallel of haaks) en de indeling van de woning zijn van belang voor de hinder die men ondervindt. De kwaliteit van de geluidwering van de gevel heeft geen aantoonbare invloed.

De mate waarin het geluid stoort hangt sterk samen met de geluidbelasting. Dit geldt vooral voor communicatieverstoringen ($r = 0,57$), minder voor concentratiestoring en nog minder voor verstoring van rust en slaap. Niet-auditieve hinder als onveiligheid in verband met kinderen, vervuiling, versperring (het feit dat de spoorlijn de bereikbaarheid van andere stads- en dorpsdelen bemoeilijkt) en storing van het televisiebeeld treedt juist meer op de voorgrond bij mensen die weinig treingeluid te verwerken krijgen. De etmaalwaarde (Wet geluidhinder) kan voor de resultaten uit dit onderzoek uit de LAeq (zullen) afgeleid worden door bij de laatste 8 dB(A) op te tellen.

Over het algemeen geldt dat negatieve effecten het meest toenemen bij een LAeq (24h) tussen 50 en 62 dB(A), dat wil zeggen een etmaalwaarde van 58 tot 70 dB(A).

Bij de meeste dosis-effectcurven treedt een daling op in het geluidbelastinggebied van 62 tot 70 dB(A) (70 tot 78 dB(A) etmaalwaarde). Dit verschijnsel, dat ook optreedt in enige andere onderzoeken bij andere geluidsbronnen, kan worden verklaard door selectie (geluidgevoelige mensen

vermijden een lawaaiige woonomgeving), aanpassen van het gedrag (gesloten houden van ramen) en compensatie (vrij uitzicht bij de spoorlijn).

Gelet op de storingen van specifieke activiteiten (bijvoorbeeld communicatie) veroorzaakt spoorweglawaai tot 65 dB(A) (of 73 dB(A) etmaalwaarde) meer verstoringen dan wegverkeerslawaai. Indien men echter de algemene, niet specifieke hinder in ogenschouw neemt, dan wordt wegverkeerslawaai vanaf 52 dB(A) à 57 dB(A) als hinderlijker beschouwd. In etmaalwaarde uitgedrukt: van 60 dB(A) tot 65 dB(A).

Er zijn grote individuele verschillen in het ervaren van spoorweggeluid. Deze verschillen in hinder bij gelijke geluidbelasting kunnen ten dele worden verklaard door de volgende factoren: de houding tegenover de spoorlijn als omgevingselement, het zicht op de spoorlijn vanuit de woonkamer, de geluidgevoeligheid, de hinder die men ondervindt van andere geluidbronnen en de tevredenheid over de kwaliteit van de woning.

SUMMARY

The Organization for Applied Scientific Research in the Netherlands TNO studied the annoyance from railroad traffic noise. The aims of this study are formulated as follows:

1. To obtain an insight into the aspects of annoyance which are specifically important with railroad traffic noise.
2. To study the relations between the noise level and disturbance and annoyance reactions.
3. To study other factors than the noise load relating to negative reactions to railway noise.

In 1977 671 people living near railways in nine different towns and villages in the Netherlands have been surveyed. Noise measurements and calculations have also been carried out.

The most annoying elements of railway traffic are the goods trains, work on the line, and signalling. The most current, as negative experienced, effect of trains is of a non-auditory character: the vibration of the house. Disturbance of various forms of communication follows next.

The LAeq(24h) for all types of trains measured on the most heavily exposed façade parts of the houses appears the best simple predictor of annoyance, though the differences with some other measures (such as the day-evening-night value Lden) are very small. Combination of the first mentioned measure with the distance to the railway and the LAeq(24h) on the least exposed façade part leads to a still better prediction.

The orientation of the house with respect to the railway (parallel or perpendicular) and the map of the house are important for the annoyance one experiences. The quality of the façade insulation has no demonstrable influence.

The degree of annoyance strongly relates to the noise level. This particularly applies to disturbances of communication ($r = 0,57$), less for disturbance of concentration and still less for disturbance of rest and sleep. Non-auditive annoyance as risk in connection with children, pollution, obstruction (the railway line acting like a barrier between parts of a community), and disturbance of the television picture are more prominent with people who are little exposed to railway noise.

The Lden value according to the Noise Abatement Act can, for the results of this study, be derived from the LAeq(24h) by adding 8 dB(A) to this last-mentioned value. Generally, it applies that negative effects increase most at an (such as the day-evening-night value Lden) are very LAeq(24h) between 50 and 62 dB(A), that is from 58 to 70 dB(A) Lden.

The slope of most dose-effect curves is decreasing in the noise level range of 62 to 70 dB(A) (70 to 78 dB(A) Lden). This phenomenon, which also occurs in some other investigations with

other noise sources, can be explained by selection (people sensitive to noise avoid a noisy environment), accommodation of behaviour (keeping the windows closed) and compensation (free view near the railway).

If disturbances of specific activities (for example communication) are observed, railway noise up to 65 dB(A) (or 73 dB(A) Lden) causes more disturbances than highway traffic noise. If the general, non-specific nuisance is observed, however, highway traffic noise from 52 to 57 dB(A), or from 60 to 65 dB(A) Lden, can be considered more annoying.

Interindividual differences in experiencing railroad traffic noise are considerable. These differences in annoyance (at equal noise level) can be explained partly by the following factors: attitude towards the railway as an environmental element, view on the railway from the living-room, sensitivity to noise, annoyance experienced from other noise sources and satisfaction with the quality of the house.

RESUME

L'Organisation TNO pour la Recherche Scientifique Appliquée aux Pays-Bas a recherché la gêne causée par le bruit de chemin de fer. Les objectifs de cette recherche sont formulés comme suit:

1. Comprendre les aspects de la gêne qui sont importants spécialement quand il s'agit du bruit de chemin de fer.
2. Etudier les relations entre la charge sonore et les réactions de dérangement et de gêne.
3. Etudier d'autres éléments, différents de la charge sonore, qui regardent les réactions négatives au bruit de chemin de fer.

En 1977 on a enquêté 671 gens habitant dans neuf villes et villages le long de chemins de fer néerlandais. En même temps on a exécuté des mesuréments et des calculs de bruit.

Les éléments les plus gênants du trafic ferroviaire sont les trains de marchandises, des opérations à la linge et les signaux. L'effet le plus fréquent des trains qu'on éprouve comme négatif est de nature non-auditive: le tremblement de la maison. Après cela suit l'interruption de diverses formes de communication.

Il paraît que le LAeq(24h) pour tous les types de train, mesuré aux parts les plus chargés de la façade des maisons, est le meilleur prédicateur singulier de la gêne, quoique les différences sont très petites quand on emploie d'autres mesures, comme la valeur jour-soir-nuit Ljsn. La combinaison de la première mesure avec la distance au chemin de fer et le LAeq(24h) au part le moins chargé de la façade conduit à une prédiction de la gêne encore mieux.

L'orientation de la maison à l'égard de chemin de fer (parallèle ou en équerre) et la division de la maison sont importantes pour la gêne que l'on éprouve. La qualité de l'isolation de la façade n'a pas d'influence démontrable.

Le degré de la gêne causée par le bruit est fort lié avec la charge sonore. Cela s'applique particulièrement aux interruptions de communication ($r = 0,57$), moins à l'interruption de concentration et encore moins à l'interruption du repos et du sommeil. La gêne non-auditive, comme la gêne causée par insécurité en rapport avec des enfants, pollution, obstruction (la ligne formant une barrière entre des parts de la communauté, et interruption de l'image de la télévision, s'impose même mieux chez les gens qui sont exposés peu au bruit de chemin de fer.

Pour les résultats de cette recherche, la valeur Ljsn de la Loi sur la Gêne causée par le Bruit peut être dérivée du LAeq(24h) par augmentation de la valeur dernière par 8 dB(A). Généralement il vaut que les effets négatifs augmentent le plus pour un LAeq(24h) entre 50 et 62 dB(A), c'est-à-dire de 58 à 70 dB(A) Ljsn.

La plupart des courbes dose-effet ont un cours descendant dans la région de charge sonore de 62 à 70 dB(A) (70 à 78 dB(A) Ljsn). Cette phénomène, qui se produit également dans quelques autres

recherches où d'autres sources sonores sont usées, peut être expliquée par sélection (les gens sensibles au bruit fuient l'environnement résidentiel bruyant), adaptation de comportement (tenir les fenêtres fermées) et compensation (vue libre près du chemin de fer).

Si les dérangements des activités spécifiques (par exemple communication) sont observés, le bruit de chemin de fer jusque à 65 dB(A) (ou 73 dB(A) Ljsn) cause plus dérangements que le bruit du trafic routier. Si cependant, on observe la gêne générale, non-spécifique, le bruit du trafic routier de 52 à 57 dB(A) (ou de 60 à 65 dB(A) Ljsn) peut être considéré comme plus gênant.

Il y a de grandes différences interindividuelles dans l'expérience du bruit de chemin de fer. Ces différences de gêne pour une charge sonore égale peuvent être expliquées en partie par les facteurs suivants: le comportement devant le chemin de fer comme élément de l'ambiance, la vue sur le chemin de fer de la salle de séjour, la sensibilité au bruit, la gêne que l'on éprouve d'autres sources sonores et la satisfaction de la qualité de la maison.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung in den Niederlanden TNO hat eine Untersuchung über die Belästigung durch Eisenbahnlärm durchgeführt. Die Zielsetzung ist folgendermassen formuliert worden:

1. Ermittlung von Belästigungsaspekte, die besonders bei Eisenbahnlärm wichtig sind.
2. Analyse des Zusammenhangs zwischen Geräuschbelastung und Gestörtheits- und Verärgerungsreaktionen.
3. Das Studium von weiteren Faktoren ausser der Geräuschbelastung, die negativen Reaktionen auf Eisenbahnlärm verursachen.

Bei einer Stichprobe von 671 Anwohnern von Eisenbahnstrecken in neun Wohngebiete in den Niederlanden wurde in 1977 eine Befragung durchgeführt. Zugleich sind Messungen und Berechnungen der Geräuschbelastung ausgeführt worden.

Die störendsten Elemente des Eisenbahnverkehrs sind Güterzüge, Gleisarbeiten und Signalgebung. Der häufigste, als negativ erlebte Effekt von Zügen ist von nicht-auditiver Art: das Erzittern der Wohnung. Danach folgt die Störung verschiedener Kommunikationsformen.

Der 24-Stunden-gesamt-LAeq für alle Zugtypen, gemessen an den meist-belasteten Fassaden der Wohnungen, erwies sich als der beste einfache Prädiktor der Belästigung, obwohl die Unterschiede zu einigen anderen Geräuschwerten (wie der Wert tag-abend-nacht L_{tan}) sehr klein sind. Die Kombination des erstgenannten Masses mit der Entfernung der Eisenbahn und dem LAeq(24St) am weniger belasteten Fassadenteil führt zu einer noch besseren Belästigungsvorhersage.

Auch die Orientierung der Wohnung in Bezug auf die Eisenbahn (parallel oder querr) und die Wohnungseinteilung sind wichtig für die erlebte Belästigung. Die Qualität der Fassadenisolierung hat keinen nachweisbaren Einfluss.

Das Ausmass, in dem der Lärm stört, korreliert ziemlich eng mit der Geräuschbelastung. Dies gilt besonders für die Kommunikationsstörungen ($r = 0,57$), weniger für die Konzentrationsstörung und noch weniger für die Ruhe- und Schlafstörung. Nicht-auditive Belästigungen, wie Unsicherheit in Bezug auf Kinder, Verschmutzung, Trennwirkung und Störung des Fernsehbildes treten bei Leuten in den Vordergrund, die von Eisenbahn wenig betroffen sind.

Der Wert L_{tan} des Schallbelästigungsgesetzes kann für die Ergebnisse dieser Studie vom LAeq(24St) abgeleitet werden durch Erhöhung des letztgenannten Wertes mit 8 dB(A). Im allgemeinen gilt, dass negative Effekte am meisten zwischen LAeq(24St) 50 und 62 dB(A) zunehmen, das heisst, von 58 bis 70 dB(A) L_{tan}.

Die meisten Belästigungskurven haben im Bereich von 62 bis 70 dB(A)

(70 bis 78 dB(A) L_{tan}) einen sinkenden Verlauf. Dieses Phänomen, das auch bei anderen Lärmquellen in einigen anderen Untersuchungen beobachtet wurde, kann erklärt werden durch Selektion (lärmempfindliche Leute vermeiden eine lärmende Wohnumgebung), Anpassung des Verhaltens (Fenster geschlossen halten) und Kompensation (freie, angenehmere Aussicht bei der Eisenbahn).

Wenn Störungen von spezifischen Aktivitäten (z.B. Kommunikation) berücksichtigt werden, verursacht Eisenbahnlärm bis 65 dB(A) (oder 73 dB(A) L_{tan}) mehr Störungen als Strassenverkehr. Berücksichtigt man aber allgemeine, nicht-spezifische Lärmbelastigung, dann kann man Strassenverkehrslärm von 52 bis 57 dB(A) (oder 60 bis 65 dB(A) L_{tan}) als lästiger betrachten.

Es gibt grosse interindividuelle Unterschiede im Erleben von Eisenbahnlärm. Diese Unterschiede in der Belästigung bei gleicher Geräuschbelastung können zum Teil durch die folgenden Faktoren erklärt werden: die Einstellung zur Eisenbahn als einen Element des Umgebungs, die Aussicht auf die Eisenbahn vom Wohnzimmer aus, die Lärmempfindlichkeit, die Belästigung die man von anderen Lärmquellen erfährt und die Zufriedenheit mit der Qualität der Wohnung.

INHOUDSOPGAVE

II	
1	1. INLEIDING
1	1.1. SPOORWEGLAWAAI ALS EEN PROBLEEM
1	1.2. VOORGESCHIEDENIS VAN HET ONDERZOEK
2	1.3. DOELSTELLINGEN VAN HET ONDERZOEK
2	1.4. INDELING VAN HET RAPPORT
3	1.5. VERANTWOORDING
4	2. DATAVERZAMELING: DE ENQUETE
4	2.1. INLEIDING
4	2.2. OPZET VAN DE STEEKPROEFTREKKING
5	2.3. OPZET VAN DE ENQUETE
5	Globale beschrijving van de inhoud van de vragenlijst
7	Opbouw van de vragenlijst
8	3. DATAVERZAMELING: DE GELUIDMETINGEN
8	3.1. INLEIDING
8	3.2. DOSISVARIABLEN
8	Variabelen
10	3.3. GLOBALE BESCHRIJVING VAN DE METHODE
10	3.4. FASE I: METINGEN BUITEN DE WONING
11	(1) Basismeetpunt
12	(2) Groepsmeetpunten
12	(3) Individuele meetpunten
12	3.5. FASE II: ANALYSE VAN DE BANDOPNAMEN
12	Bepalen van de dosisgrootheden
13	Vereenvoudigde metingen
13	3.6. FASE III: VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN
13	(1) Berekeningen basismeetpunten
14	(2) Berekeningen groepsmeetpunten
15	(3) Berekeningen per woning
16	3.7. GEVELISOLATIEMETINGEN
16	De woningen
16	Methode
17	Standaardspectra
18	Bepaling van de geluidreductie van de gevels
18	3.8. ACHTERGRONDGELUIDMETINGEN
18	3.9. ALGEMENE OPMERKINGEN
19	3.10. DE BETROUWBAARHEID VAN DE GELUIDGEGEVENS
19	Inleiding
19	(1) Meetonauwkeurigheid
20	(2) Gedrag, samenstelling en intensiteit van het railverkeer
20	(3) Onnauwkeurigheid door verschillen in geluidoverdracht
21	(4) Onnauwkeurigheid door interpolaties
21	Onnauwkeurigheid binnen
21	Totale onnauwkeurigheid
32	4. MEETRESULTATEN EN DE SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF
32	4.1. INLEIDING
32	4.2. SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF: ENQUETEGEREGEVENS
32	Aantal succesvolle interviews
32	Demografische en sociaal-economische kenmerken van de steekproef

40	4.3. SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF: MEETGEGEVENS
40	Aard van het treinverkeer
40	Basismeetpunten
47	Achtergrondgeluidniveau
47	4.4. EVALUATIE VAN DE ONDERZOEKOPZET
49	4.5. RAILVERKEERSGELUID
49	Gevonden waarden
49	Het verband tussen de verschillende geluidindicatoren
53	5. NEGATIEVE EFFECTEN VAN TREINGELUID
53	5.1. INLEIDING
53	5.2. NEGATIEVE EFFECTEN VAN TREINGELUID
53	(1) Waarneming van het spoorweggeluid
54	(2) Storingen door de spoorlijn
55	(3) Hinder en een negatieve houding tegenover het spoor
56	(4) Maatregelen tegen het spoorweggeluid
56	5.3. VERSCHILLENDE SOORTEN SPOORWEGGELUIDEN
60	5.4. RESPONSINDICES
60	Algemene responsindices
61	Verstoringen: verschillende situaties
62	Verstoringen: verschillende vormen
62	Normalisering van de indices
63	5.5. CONCLUSIE
64	6. HINDERVOORSPELLING
64	6.1. INLEIDING
64	6.2. DE BESTE GELUIDINDICATOR
65	Resultaten
65	(1) Geluidmaat
65	(2) Meetplaatsen
65	(3) Periode
66	(4) Type treinen
66	Niet-auditieve dosisvariabelen
67	Bespreking van de resultaten
68	Conclusie
68	6.3. VOORSPELBAARHEID VAN DE EFFECTEN
68	Responsindices
69	De houding tegenover het spoor
70	Het gesloten houden van ramen
70	Conclusie
71	6.4. SPECIFICITEIT
71	De matrix: verantwoording van de keuze van de responsvariabelen
72	De matrix: verantwoording van de keuze van de dosisvariabelen
72	Resultaten
74	Specifieke vragen
74	Conclusie
75	6.5. HINDERVOORSPELLING MET MEER DOSISVARIABLEN
76	Probleemstelling
76	De afstand tot de spoorlijn en NG60
77	Positief effect van een licht belaste zijde
77	Geluidwering van de gevel
78	Conclusie
78	6.6. CONCLUSIE
79	7. DOSIS-EFFECTCURVEN
79	7.1. INLEIDING
80	7.2. CURVEN VOOR HET LAeq(24H)
80	Responsindices

81	Afzonderlijke vragen
83	Bespreking van de resultaten
83	7.3. ANDERE DOSISVARIABLEN
83	Dosis-effectcurven
84	Resultaten
84	7.4. RESULTATEN VOOR AFZONDERLIJKE LOCATIES
84	Resultaten
84	Bespreking van de resultaten
85	7.5. VERGELIJKING MET WEGVERKEERSGELUID
85	Hinder
85	Storingen
86	7.6. CONCLUSIE
119	8. HINDERVOORSPELLING OP BASIS VAN BEREKENINGEN
119	8.1. INLEIDING
119	8.2. BEREKENINGSMETHODE
119	Berekeningsmethode
120	Toepassing van de berekeningsmethode
121	8.3. HET VERBAND TUSSEN BEREKENDE EN GEMETEN LAeq's
125	8.4. HET VERBAND TUSSEN BEREKENDE LAeq's EN HINDER
126	8.5. CONCLUSIE
127	9. INTERVENIERENDE VARIABLEN
127	9.1. INLEIDING
127	9.2. ONDERZOCHE INTERVENIERENDE VARIABLEN
129	9.3. ANALYSE
129	9.4. RESULTATEN
133	Resultaten
134	Hinder en type treinen
134	9.5. BESPREKING VAN DE RESULTATEN EN AANVULLENDE GEGEVENS
134	Houding tegenover de spoorlijn
135	Kwaliteit van de woning
135	Zicht op de spoorlijn
136	9.6. CONCLUSIE
138	10. CONCLUSIE
138	10.1 INLEIDING
139	10.2 DE BELANGRIJKSTE RESULTATEN EN HUN IMPLICATIES
143	11. LITERATUURLIJST
146	12. BIJLAGE: VRAGENLIJST EN RECHTE TELLINGEN

1. INLEIDING

1.1. SPOORWEGLAWAAI ALS EEN PROBLEEM

Er zijn belangrijker geluidhinderproblemen dan dat van geluidhinder door treinen. Uit een onderzoek naar geluidhinder in Nederland (De Jong, 1980) komt naar voren dat drie procent van de bevolking (van 16 jaar en ouder) gehinderd wordt door spoorweglawaai, terwijl bijvoorbeeld vliegtuiglawaai 29 procent en wegverkeerslawaai 49 procent hindert. Het is echter aannemelijk dat het probleem van spoorweglawaai zal toenemen. Om het openbaar vervoer te stimuleren wil men nieuwe woningen dichtbij bestaande spoorlijnen bouwen en bestaande woongebieden ontsluiten met nieuwe spoorlijnen. Daarom is het van belang voldoende inzicht te hebben in de effecten van spoorweglawaai.

1.2. VOORGESCHIEDENIS VAN HET ONDERZOEK

In augustus 1976 zag het "Onderzoekprogramma Railverkeerslawaai" (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1976) het licht als één van de onderzoekprogramma's van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder (ICG).

Project 3 uit dit onderzoekprogramma is het onderzoek naar de dosis-effectrelatie voor railverkeerslawaai. De projectbeschrijving luidt als volgt:

"In dit onderzoek zal een antwoord moeten worden gegeven op de vraag in welke mate hinder wordt ondervonden en in welke grootte het railverkeerslawaai moet worden uitgedrukt (dosis-effectcurve). Hierbij zal in beschouwing moeten worden genomen welke grootheden hiervoor (eventueel) in het buitenland worden gebezigd. Zoveel mogelijk zal ook worden aangesloten bij de grootheden die reeds worden gebruikt bij het wegverkeer, vliegtuiglawaai of industrielawaai (Leq, piekniveaus of andere).

Het onderzoek valt uiteen in drie fasen:

A. Vooronderzoek. Een inventarisatie vindt plaats van de grootheden die in het buitenland en bij andere lawaaibronnen worden gehanteerd. Een opzet wordt gemaakt voor het dosis-effectonderzoek.

B. Dosis-effectonderzoek. In de literatuur is weinig te vinden over de invloed van railverkeer op de mens. Door middel van een enquête zullen de noodzakelijke gegevens worden verzameld. Het onderzoek richt zich in eerste instantie op de mens in zijn woonomgeving. In een vervolgonderzoek kunnen ook andere bestemmingen worden opgenomen. In dit onderzoek kan mede worden betrokken de hinder die kan ontstaan ten gevolge van rangeeractiviteiten of het wegzetten van railvoertuigen (opstelsporen, re-

mises). Een relatie bestaat met het onderzoekprogramma Verkeerslawaaï (1974)(projecten 16, 17 en 18).

C. Normstelling. In vervolg op de in de vorige fasen verkregen gegevens moet een vergelijking worden gemaakt tussen de wetten en richtlijnen die in het buitenland bestaan en de resultaten van dit onderzoek."

Het vooronderzoek (A) is uitgevoerd in 1976 (Jurriëns et al., 1978).

Het dosis-effectonderzoek (B) is voorafgegaan door een oriënterend onderzoek op kleine schaal, omdat uit het vooronderzoek bleek dat er weinig bekend was over sociale en psychologische aspecten van geluidhinder door railverkeer (De Jong, 1977).

In het onderhavige rapport wordt verslag gedaan van de kwantitatieve dosis-effectstudie.

Soortgelijke studies zijn de laatste jaren bekend geworden van Holzmann (1978), Kùhl, Andersen en Relster (1980), Fields en Walker (1980) en Schümer-Kohrs, Schümer, Knall en Kasubek (1983).

1.3. DOELSTELLINGEN VAN HET ONDERZOEK

De belangrijkste doelstellingen van dit onderzoek worden als volgt geformuleerd:

1. Het verkrijgen van inzicht in de aspecten van hinder die speciaal bij spoorweglawaaï belangrijk zijn.
2. Het bestuderen van de verbanden tussen de belasting door spoorweglawaaï en de reacties op dit lawaaï: welke geluidmaat of combinatie van geluidmaten geeft de beste voorspelling van de hoeveelheid en intensiteit van negatieve reacties op spoorweglawaaï?
3. Het bestuderen van andere factoren dan de geluidbelasting die te maken hebben met negatieve reacties op spoorweglawaaï.

Dit onderzoek betreft "normale" delen van het spoorwegnet en geen bijzondere situaties zoals spoorbruggen, viaducten, stations, overwegen, korte bogen, wissels of rangeerterreinen. Een onderzoek naar geluidhinder bij rangeerterreinen is onlangs gepubliceerd (Groeneveld en Verboom, 1982).

Verder gaat het om bestaande situaties. Een nieuwe situatie (de Zoetermeer-spoorlijn) is onderzocht door Van Dongen, Van den Berg en De Jong (1980).

1.4. INDELING VAN HET RAPPORT

Het rapport kan in vier stukken worden onderverdeeld. Het eerste deel betreft de methode en inrichting van het onderzoek. In de andere delen worden de resultaten behandeld voor zover relevant voor de doelstellingen.

- Hoofdstukken 2, 3 en 4: methode en inrichting van het onderzoek en enkele achtergrondgegevens (samenstelling steekproef, enkele meetresultaten);

- Hoofdstuk 5: resultaten met betrekking tot de responsvariabelen (doelstelling 1);
- Hoofdstukken 6 t/m 8: verbanden tussen dosis- en responsvariabelen (doelstelling 2);
- Hoofdstuk 9: interveniërende variabelen (doelstelling 3).

1.5. VERANTWOORDING

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

De geluidmetingen en -berekeningen buiten de woningen zijn uitgevoerd en gerapporteerd door de Technische Fysische Dienst TNO-TH (TPD) (*), terwijl de gevelisolatiemetingen en -berekeningen zijn uitgevoerd en gerapporteerd door de afdeling Geluid, Licht, Binnenklimaat van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO (IMG-TNO) (**).

Het veldwerk voor de enquête is (in 1977) verzorgd door Datagroep (***), terwijl de Sectie Sociale Wetenschappen van het IMG-TNO de verantwoording had voor de integrale analyse en rapportering van de resultaten.

(*) F.J.W. Biegstraaten en J.C. Tukker

Technische Fysische Dienst TNO-TH, Stieltjesweg 1, 2628 CK Delft

(**) J.H.K. Holst en J.P. Kaper

Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, Schoemakerstraat 97, 2628 VK Delft

(***) A. de Vos en H. Westerik

Datagroep, Riouwstraat 142, 2585 HV Den Haag

2. DATAVERZAMELING: DE ENQUETE

2.1. INLEIDING

Als waarnemingstechniek is de mondelinge enquête met een gestandaardiseerde vragenlijst toegepast. Een mondeling enquête heeft ten opzichte van de schriftelijke enquête twee belangrijke voordelen: het aantal "non-respondenten" is kleiner en de controle over de interviewsituatie is groter. Het laatste betekent niet alleen dat er meer duidelijkheid is over de vraag van wie de antwoorden afkomstig zijn (bij schriftelijke enquêtes weet de onderzoeker niet of "omstaanders" invloed hebben uitgeoefend op de beantwoording van de vragen; soms weet deze zelfs niet wie de vragenlijst heeft ingevuld), maar ook dat men meer controle heeft over de volgorde waarin de vragen worden afgewerkt. Die volgorde is belangrijk bij het onderzoek naar geluidhinder, omdat men hier het onderzoek graag bij de geïnterviewden op een neutrale wijze introduceert als "een onderzoek over de woonomstandigheden", zodat men kan achterhalen hoeveel mensen spontaan het punt van de geluidhinder aanroeren.

2.2. OPZET VAN DE STEEKPROEFTREKKING

De selectie van de respondenten was niet gericht op het verkrijgen van een representatieve steekproef van alle Nederlanders die blootstaan aan spoorweglawaai. Weliswaar zou een representatieve steekproef vanuit sociaal-wetenschappelijk oogpunt ideaal zijn, maar dit stuitte op onoverkomenlijke praktische bezwaren in verband met de geluidmetingen. Daarom is gekozen voor de volgende opzet:

		GOEDERENTREINEN	
		drukke lijn	stille lijn
REIZIGERS- TREINEN	drukke lijn	n(1)=75	n(4)=75
		n(2)=75 (A)	n(5)=75 (B)
		n(3)=75	n(6)=75
	stille lijn		n(7)=75
			n(8)=75 (C)
			n(9)=75

Figuur 2.1: Schematische opzet voor de steekproeftrekking: drie maal drie locaties met 75 respondenten

Deze matrix staat borg voor een voldoende variatie in de verschillende dosisvariabelen die mogelijk van belang zijn. Eén cel blijft leeg. Alleen de Havenspoorlijn in Rotterdam wordt gekenmerkt door

een druk goederenverkeer en een gering aantal (in dit geval zelfs de volledige afwezigheid van) reizigerstreinen. Deze lijn stond tijdens de voorbereiding van het onderzoek zeer in de publieke belangstelling door het werk van een actiecomité. Omdat dit de resultaten van het onderzoek zeker zou beïnvloeden, werd besloten deze lijn buiten beschouwing te laten.

Samen met het Centrum voor Technisch Onderzoek van de Nederlandse Spoorwegen werden vervolgens geschikte locaties voor onderzoek, passend in de drie overige cellen van de matrix, geselecteerd. Bij de selectie van de locaties werden de volgende drie criteria gehanteerd:

1. Het moest gaan om een woonwijk met een voldoende aantal huizen, en de bebouwing moest betrekkelijk homogeen zijn, ook weer om het verkrijgen van geluidbelastinggegevens te vergemakkelijken (interpoleren).
2. De woonwijk moest liggen aan een doorgaande spoorlijn zonder bijzondere situaties zoals stations, wissels, bochten of viaducten.
3. De situaties mochten niet al te "stil" zijn: de treinen moesten er met een redelijke snelheid (meer dan 70 km/h) voor reizigerstreinen en redelijk frequent rijden (meer dan 80 treinen per dag).

Uiteindelijk zijn de volgende plaatsen geselecteerd voor het onderzoek:

- cel A: Rijen
Best
Oisterwijk
- cel B: Bilthoven
Wormerveer
Rijswijk
- cel C: Nijkerk
Olst
Twello

De onderzoekgebieden in deze plaatsen werden nauwkeurig afgebakend, zodanig dat er in iedere plaats ongeveer honderd woningen beschikbaar waren voor het onderzoek. Per woning zou nooit meer dan één persoon (van 16 jaar of ouder) worden ondervraagd. De verwachting was dat er op deze wijze op iedere plaats ongeveer 75 gesprekken gerealiseerd konden worden.

2.3. OPZET VAN DE ENQUETE

In deze paragraaf wordt de samenstelling van de vragenlijst toegelicht, waarbij we uitgaan van een algemeen plan waarin is geformuleerd wat in de vragenlijst aan de orde moest komen.

Globale beschrijving van de inhoud van de vragenlijst

In bijna alle sociaal-psychologische studies over geluidhinder in de woonomgeving wordt op één of andere manier onderscheid gemaakt tussen drie typen variabelen:

1. Dosisvariabelen
 - Auditieve variabelen
De geluidbelasting uitgedrukt in bijvoorbeeld LAeq.
 - Niet-auditieve fysische variabelen
Bijvoorbeeld: de afstand van de woning tot de spoorbaan, de sterkte van de bodemtrillingen.
2. Responsvariabelen
3. Intervenierende variabelen
 - Demografische, economische, sociale en psychologische variabelen
 - Fysische variabelen voor zover ze niet rechtstreeks met de geluidbron te maken hebben (bijvoorbeeld het achtergrondgeluidniveau).

Binnen deze traditie wordt het probleem van geluidhinder als volgt beschreven: er zijn verschillende negatieve reacties op het geluid of de geluidbron, die enerzijds worden bepaald door de geluidbelasting en andere dosisvariabelen, en anderzijds door sociaal-psychologische factoren en andere intervenierende variabelen.

De fysische variabelen - dosisvariabelen en intervenierende variabelen - komen aan de orde tijdens de metingen (zie het volgende hoofdstuk), de andere variabelen - responsvariabelen en intervenierende variabelen - bij de enquête.

De responsvariabelen die aan de orde moesten komen bij de enquête zijn in te delen in vier groepen:

1. Waarneming van het geluid.
Het gaat hier om het opmerken van de geluidbron, onafhankelijk van de evaluatie ervan.
2. Verstoringen door de geluidbron.
Verstoringen betreffen (a) hinder bij bepaalde activiteiten, zoals luisteren, nadenken of slapen, (b) specifieke reacties als schrikken of nerveus worden, (c) niet-auditieve effecten van de geluidbron, zoals vervuiling, trillingen of beeldstoring van de televisie.
3. Hinder en een negatieve attitude t.o.v. de geluidbron.
Deze belangrijke groep variabelen betreft (a) het ontstaan van een negatieve houding tegenover het door de bron veroorzaakte geluid of van een gevoel van onbehagen ten gevolge van dit geluid (algemene hinder), (b) het onaanvaardbaar achten van het geluid (wie gehinderd wordt door het geluid hoeft dit nog niet onaanvaardbaar te vinden), (c) het ontstaan van een negatieve houding tegenover de geluidbron in het algemeen.
4. Maatregelen tegen het geluid.
Wie geluid waarneemt of door geluid gehinderd wordt, kan op grond daarvan tot actie overgaan. De vierde groep variabelen betreft het plannen of uitvoeren van uiteenlopende handelingen als protesteren tegen het geluid, aanpassen van het gedrag (ramen dichthouden e.d.), het aanbrengen van geluidwerende voorzieningen, of verhuizen naar een rustige woonomgeving.

Ook de intervenierende variabelen zijn in te delen in vier groepen:

1. Persoonsgegevens.
Het gaat hier om demografische kenmerken, zoals geslacht of leeftijd, en om sociaal-economische kenmerken, zoals inkomen of sociale klasse.
2. Variabelen die met geluid te maken hebben.

Het gaat hier om (de perceptie van) het omgevingsgeluid, dat wil zeggen geluid afkomstig van andere bronnen dan het treingeluid, en om kenmerken van het individu die met geluid in het algemeen te maken hebben, zoals de geluidgevoeligheid.

3. Relatie tot het treinverkeer.

Hierbij gaat het om zaken die te maken hebben met de expositie aan het treingeluid (bijvoorbeeld het al dan niet vaak buiten zitten), om het nut dat men heeft van de naburige spoorlijn (als treinreiziger of als werknemer van de Nederlandse Spoorwegen) en om de algemene houding tegenover alles wat met treinen te maken heeft (de attitude tegenover de geluidbron is ook al genoemd bij de responsvariabelen: een bepaalde attitude wordt daartoe gerekend voor zover verwacht mag worden dat deze samenhangt met de geluidbelasting ten gevolge van het treinverkeer).

4. Woonsituatie.

Het gaat hier om de woning en de woonomgeving afgezien van de akoestische aspecten, die aan de orde zijn geweest bij punt 2.

Opbouw van de vragenlijst

De vragenlijst, waarin bovengenoemde punten aan de orde moesten komen, bestond voor een groot gedeelte uit "gesloten" vragen (vragen met tevoren vastgestelde antwoordcategorieën). Bij de opbouw van de vragenlijst gingen we uit van een gemiddelde gespreksduur van 45 minuten.

Een exemplaar van de vragenlijst is als bijlage 1 in dit rapport opgenomen.

In deze vragenlijst zijn de antwoorden vermeld ("rechte tellingen") in procenten van het totale aantal respondenten.

De vragenlijst bestond - globaal gezien - uit vier delen.

In het eerste deel, waarin het onderzoek werd geïntroduceerd als een onderzoek naar de woonomstandigheden, werden enkele vragen gesteld over de woning en de woonomgeving. Hierbij kon "geluid" wel of niet door de respondent spontaan naar voren worden gebracht als een facet van de woonomgeving. Hieruit bleek iets over het belang van geluid in het totaal van de omgevingskwaliteit.

In het tweede deel (vanaf vraag 33) werd "geluid" expliciet aan de orde gesteld zonder dat een bepaalde bron werd genoemd. Het relatieve belang van de verschillende bronnen die in de omgeving voorkomen werd hierdoor duidelijk.

In het derde deel (vanaf vraag 42) werden specifieke vragen gesteld over geluiden van de spoorlijn.

In het vierde en laatste deel (vanaf vraag 74) werden enkele demografische en persoonsvariabelen geregistreerd (leeftijd, opleiding, gezinsgrootte en dergelijke).

3. DATAVERZAMELING: DE GELUIDMETINGEN

3.1. INLEIDING

Nadat het veldwerk voor de enquête was afgerond is er een uitgebreid programma van geluidmetingen uitgevoerd in en rondom de woningen van de respondenten. Het voornaamste doel van het onderzoek was immers inzicht te verkrijgen in de relatie tussen de mate waarin iemand is blootgesteld aan geluid en de wijze waarop zij of hij op dat geluid reageert. Het uitvoeren van het geluidmeetprogramma duurde - met enige onderbrekingen - ongeveer twee jaar. In dit hoofdstuk worden de procedures beschreven die gevolgd zijn om informatie over de blootstelling aan geluid in te winnen. Voorafgaand hieraan wordt een overzicht gegeven van de dosisvariabelen waarin we geïnteresseerd waren.

3.2. DOSISVARIABLEN

Voor ieder huis waarin een enquêtegesprek heeft plaats gevonden, zijn, ten dele door directe metingen, ten dele door berekening, verschillende geluidmaten vastgesteld.

Variabelen

Het geluid is vastgelegd in verschillende geluidmaten: het (A-gewogen) equivalente geluidniveau [LAeq], het (A-gewogen) gemiddelde maximale geluidniveau tijdens treinpassages [LMax], de totale tijd dat het geluidniveau hoger is dan 60 dB(A) en het aantal malen dat dit geluidniveau hoger is dan 60 dB(A) (*).

Alle geluidmaten zijn vastgelegd voor de verschillende perioden van het etmaal: dag (7.00 - 19.00 u), avond (19.00 - 23.00 u) en nacht (23.00 - 7.00 u).

Bovendien is er onderscheid gemaakt tussen geluid afkomstig van goederentreinen en van reizigerstreinen.

Geluidniveaus zijn vastgesteld op vier verschillende plaatsen buiten de woningen: twee plaatsen aan de voorkant, twee plaatsen aan de achterkant. Bepaald werd op al deze plaatsen het niveau van het op de gevel invallende geluid (optredend geluidniveau min 3 dB(A)).

(*). Deze grens van 60 dB(A) is gekozen op grond van de overweging dat men bij dit geluidniveau buiten en een gemiddelde gevelisolatie van 15 dB(A) binnen juist op het niveau komt waarboven spraakverstaanbaarheid verstoord begint te worden (Miller, 1974).

Achteraf blijkt deze grens te laag gekozen:

- de gemiddelde gevelisolatie blijkt hoger (ongeveer 20 dB(A));
- volgens de huidige inzichten is 50 dB(A) reëler om als niveau te kiezen waarboven spraakverstaanbaarheid verstoord begint te worden.

Daarnaast werden geluidniveaus in de woningen bepaald en wel in het midden van het hoofdwoonvertrek en in het midden van de slaapkamer van de respondent. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen twee situaties: raam gesloten en raam in ventilatiepositie.

Er zijn vier geluidmaten:

- LAeq
- LAmx
- TG60 (tijd dat geluidniveau hoger is dan 60 dB(A))
- NG60 (aantal keer dat dat het geval is)

Er zijn vier meetperioden:

- dag
- avond
- nacht
- 24 uur (voor het LAeq ook nog de etmaalwaarde (*))

Verder wordt onderscheid gemaakt naar type treinen:

- het volledige treinverkeer
- goederentreinen
- reizigerstreinen

Ten slotte worden twaalf meetplaatsen onderscheiden (1-4 binnen de woning, 5-12 buiten de woning):

1. woonkamer "raam dicht"
2. woonkamer "raam open"
3. slaapkamer "raam dicht"
4. slaapkamer "raam open"
5. voorzijde van de woning, 1,5 meter hoog
6. voorzijde van de woning, 4,5 meter hoog
7. achterzijde van de woning, 1,5 meter hoog
8. achterzijde van de woning, 4,5 meter hoog
9. meest belaste geveldeel op 1,5 meter hoogte
10. meest belaste geveldeel (indien aanwezig: 4,5 m)
11. minst belaste geveldeel (altijd op 1,5 m)
12. minst belaste geveldeel op 4,5 meter hoogte.

Er zijn dus 4 (geluidmaten) * 4 (perioden) * 3 (treintypen) * 12 (meetplaatsen) indicatoren plus 3 (treintypen) * 12 (meetplaatsen) * 1 (LAeq-etmaalwaarden) = 612 geluidindicatoren.

Omdat voor TG60 geen binnenwaarden zijn bepaald en omdat voor NG60 geen onderscheid is gemaakt tussen treintypen, waren er in feite 468 geluidindicatoren.

Bij de 468 geluidindicatoren komen nog 29 niet-auditieve dosisvariabelen: het aantal treinen en draaistellen gedurende verschillende perioden voor verschillende treintypen (dus 2 * 4 * 3); afstand van de woning tot de spoorlijn; positie van de woonkamer (voor/achter), positie van de woonkamer ten opzichte van de spoorlijn, positie van de slaapkamer (voor/achter), en positie van de slaapkamer ten op-

(*) De etmaalwaarde is de hoogste van:

LAeq dag

LAeq avond + 5 dB(A)

LAeq nacht + 10 dB(A)

De dagperiode loopt van 7.00 u tot 19.00 u, de avondperiode van 19.00 u tot 23.00 u, en de nachtperiode van 23.00 u tot 7.00 u.

zichte van de spoorlijn.

Op deze wijze zijn aan alle respondenten 497 dosiswaarden toegekend. Hierbij moet worden aangetekend dat er nogal wat redundantie is: de etmaalwaarden en de belastingen voor de 24-uursperiode zijn zonder meer te berekenen uit de waarden voor de afzonderlijke periodes, de binnenwaarden van L_{Aeq} en L_{Amax} zijn - als men de plaats van de woon- en slaapkamer kent - te berekenen uit de buitenwaarden en de gevelisolatiewaarden, en de waarden voor de lichtst en de meest belaste gevel zijn af te leiden uit de waarden voor de achter- en de voorgevel.

3.3. GLOBALE BESCHRIJVING VAN DE METHODE

Het is duidelijk dat het ondoenlijk was alle genoemde grootheden voor alle woningen daadwerkelijk te meten. Daarom is gewerkt met een methode waarbij een gedeelte van de grootheden direct is gemeten en de rest door interpolatie en berekening is bepaald.

Op een vlak bij de spoorbaan gelegen punt en op verschillende in de woonwijk gelegen punten werd steeds gelijktijdig het geluid van een aantal passerende treinen gemeten. Uit de meetresultaten zijn de geluidniveaoverschillen in termen van L_{Amax} en L_{Aeq} bepaald tussen het bij de baan gelegen meetpunt en de verschillende in de wijk gelegen meetpunten.

Gebruik makend van een door de Nederlandse Spoorwegen verstrekte dienstregeling waarin ook de goederentreinen waren opgenomen en van de meetresultaten van een groot aantal gepasseerde treinen, zijn voor het bij de baan gelegen punt de geluidbelastingen per periode berekend (dag, avond, nacht, 24 uur).

Met behulp van de bepaalde niveaoverschillen konden voor de in de wijk gelegen meetpunten de geluidniveaus per periode berekend worden.

Geluidniveaus binnen woningen zijn verkregen door van de buitenniveaus de gevelisolatie voor treingeluid af te trekken.

Het vervolg van dit hoofdstuk geeft een meer gedetailleerde beschrijving van de methode.

3.4. FASE I: METINGEN BUITEN DE WONING

Bij het meten van het treingeluid in een bepaalde locatie waren acht meetkanalen gelijktijdig in bedrijf. De door de microfoons afgegeven signalen werden ter plaatse vastgelegd op magneetband.

Iedere locatie werd aan de hand van een verkenning en/of een plattegrond verdeeld in verschillende clusters. Figuur 3.1 geeft een

voorbeeld. (*)

Er waren drie soorten meetpunten:

1. Basism Meetpunten (één per locatie)
2. Groepsmeetpunten (één per cluster)
3. Individuele meetpunten

(1) Basism Meetpunt

In een locatie werd op het basism Meetpunt gedurende de gehele meetperiode het geluid van passerende treinen op magneetband vastgelegd. Het basism Meetpunt diende als referentie voor de groepsmeetpunten, die op hun beurt weer dienden als referentie voor de individuele meetpunten. Het basism Meetpunt lag steeds op 25 meter afstand van het dichtstbijgelegen spoor voor reizigerstreinen, ongeveer halverwege de locatie, en wel op 4 m boven het maaiveld.

Op het basism Meetpunt werd ook de treinsnelheid gemeten en werden het treintype alsmede de samenstelling (aantal wagens) van de treinen genoteerd.

Bovendien werden hier de atmosferische omstandigheden (windrichting, windsnelheid, temperatuur) bijgehouden. Er is uitsluitend gemeten bij binnen het meteoraam vallende weersomstandigheden.

Het meteoraam (Besluit van de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1981) begrenst de windrichtingen en de windsnelheden waarbinnen immissiemetingen moeten worden uitgevoerd (**).

Omdat in twee locaties woningen van respondenten aan weerszijden van de spoorbaan lagen (locaties Rijen en Twello) dienden beide onderzoeksgebieden als twee afzonderlijke locaties beschouwd te worden. In één van de locaties (Best) lagen de woningen van respondenten zo ver uit elkaar dat ook deze locatie is gesplitst.

(*) Voor de figuren wordt verwezen naar het einde van dit hoofdstuk.

(**) In het meteoraam wordt onderscheid gemaakt tussen de meteorologische dag, dat is de periode tussen één uur na zonsopgang en één uur voor zonsondergang, en de meteorologische nacht, de periode tussen één uur voor zonsondergang en één uur na zonsopgang. Gedurende de meteorologische dag moet in de maanden juni t/m september de gemiddelde windsnelheid op 10 m hoogte tijdens de geluidmetingen groter zijn dan 2 m/s en in de maanden oktober t/m mei groter dan 1 m/s. Gedurende de meteorologische nacht moet in alle jaargetijden de gemiddelde windsnelheid tijdens de metingen groter zijn dan 0,5 m/s. Maximum waarden voor de windsnelheid zijn niet in het meteoraam vastgelegd, de windsnelheid zal echter in de praktijk wel aan een maximum gebonden zijn in verband met windruis op de microfoon.

De openingshoek voor de toegestane windrichtingen moet zowel overdag als 's nachts kleiner zijn dan 160 graden. De openingshoek van de toegestane windrichtingen is de hoek, met het waarneempunt als hoekpunt, waarbinnen alle toegestane windrichtingen liggen. De openingshoek ligt symmetrisch ten opzichte van de kortste lijn van (spoor)weg naar waarnemingspunt.

(2) Groepsmeetpunten

Een groepsmeetpunt lag bij een woning die representatief was voor een cluster (op 1,5 m afstand van de gevel, 4,5 m boven het maai-veld). Hier werd het geluid van alle passerende treinen gemeten gedurende de periode dat met de nog resterende zes meetkanalen op andere plaatsen in dezelfde cluster werd gemeten (de individuele meetpunten).

(3) Individuele meetpunten

Deze meetpunten lagen op 1,5 m afstand voor de gevels van huizen van een aantal in de cluster wonende respondenten. Meestal werd gelijktijdig aan de voor- en achterzijde van dezelfde woning gemeten of aan dezelfde zijde van de woning maar dan op twee verschillende hoogten (4,5 en 1,5 m).

De te meten woningen en de meetplaatsen werden zodanig gekozen dat interpolaties naar punten bij woningen van andere respondenten in dezelfde cluster zo nauwkeurig mogelijk zouden zijn uit te voeren.

3.5. FASE II: ANALYSE VAN DE BANDOPNAMEN

Beschreven wordt hoe de op de band vastgelegde signalen zijn verwerkt.

Bepalen van de dosisgrootheden

Voor het analyseren van de op band vastgelegde microfoonsignalen is gebruik gemaakt van een meetversterker (fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2607), een digital event recorder (fabrikaat Brüel & Kjaer, type 7502) en een computer.

Van de op de band vastgelegde microfoonsignalen werden per passage de grootheden L_{Amax} , E_p , T'_p en TG60 bepaald, waarbij:

L_{Amax} is het maximale geluidniveau [dB(A)] tijdens de passage gemeten in de stand "slow" (integratietijd 1 s).

E_p is de geïntegreerde, gekwadrateerde A-gewogen geluiddruk per passage [Pa^2s].

Volgens Tukker & Ten Wolde (1976) is

$$E_p = \int_0^{T'_p} p^2(t) dt \quad (3.1)$$

waarin:

T'_p = de tijd in seconden waarover het door het railvoertuig veroorzaakte A-gewogen geluidniveau gemeten in de stand

"slow" hoger is dan $L_{Amax} - 15$ dB(A);

$p(t)$ = de A-gewogen geluiddruk als functie van de tijd [Pa];

t = tijd in seconden.

TG60 is de tijd in seconden waarin gedurende de treinpassage het geluidniveau hoger is dan 60 dB(A).

Vereenvoudigde metingen

Nadat uit een tussentijdse analyse, die op vier van de negen locaties betrekking had, was gebleken dat TG60 geen betere dosismaat was dan bijvoorbeeld LAeq of LAmx, werd besloten de resterende metingen vereenvoudigd uit te voeren. Voor de locaties Nijkerk, Bilthoven, Olst, Wormerveer en Oisterwijk werd TG60 niet meer bepaald. Voor het analyseren van de metingen in de locaties met een vereenvoudigde dosispresentatie is gebruik gemaakt van een statistische geluidniveau-analysator fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4426. Met behulp van deze analysator is naast het LAmx ook het LAeq per passage gemeten. Ep is daaruit bepaald met de betrekking:

$$E_p = T'p \cdot p_o^2 \cdot 10^{L'Aeq/10} \quad (3.2)$$

L'Aeq is het equivalente geluidniveau in dB(A) van de passage;
T'p is de integratietijd in seconden;
P_o is de referentiewaarde van de geluiddruk = 0,00002 Pa.

3.6. FASE III: VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN

In fase II zijn geluidwaarden toegekend aan afzonderlijke treinpassages, en wel voor het basismeetpunt. In deze paragraaf wordt beschreven hoe op basis hiervan geluidniveaus bij de woningen werden bepaald.

(1) Berekeningen basismeetpunten

Tabel 3.1 geeft een voorbeeld van de wijze waarop de resultaten van de op het basismeetpunt uitgevoerde metingen getabelleerd werden. De daarbij gehanteerde codering van het soort trein is gegeven in tabel 3.2 onder het hoofd "treinnummer". Bij de verdere verwerking is voor het treintype een grovere indeling gebruikt. De code voor deze grovere indeling is in tabel 3.2 gegeven onder het hoofd "treingroep". In de eindpresentatie werd alleen nog onderscheid gemaakt tussen "reizigerstreinen" (treingroepen 1 t/m 5) en "goederentreinen" (treingroepen 6 t/m 9).

Na het tabelleren van de meetresultaten volgens tabel 3.1 werd per treingroep een aantal gegevens berekend. Een voorbeeld geeft tabel 3.3. De gemiddelde LAmx-waarden zijn rekenkundige (dus geen energetische) gemiddelden.

Daarna werd met behulp van de door de Nederlandse Spoorwegen verstrekte dienstregeling en de per treingroep gepresenteerde gegevens een invoerkaart "dienstregeling" samengesteld. Tabel 3.4 geeft een

voorbeeld.

Bij de bepaling van het aantal treinen is uitgegaan van het aantal treinen dat gemiddeld per dag passeert waarbij dit daggemiddelde was gebaseerd op het aantal per week passerende treinen. Niet alle treinen rijden nl. dagelijks; vooral op de zaterdagen en zondagen is het aantal passerende treinen en in het bijzonder het aantal goederentreinen kleiner dan op de andere dagen van de week.

Gebruik makend van de invoergegevens "dienstregeling" werden de totaalresultaten voor het basismeetpunt berekend. Zie als voorbeeld tabel 3.5.

Het LAeq is berekend uit de som van Ep in de aangegeven periode en de totale tijdsduur van deze periode volgens (3.3.):

$$LA_{eq} = 10 \lg \left[\frac{\sum E_p}{T_{p_0}} \right] \quad (3.3)$$

waarin T de totale duur van de periode in seconden is waarop de som van Ep betrekking heeft.

De etmaalwaarde is de hoogste van:

LAeq dag

LAeq avond + 5 dB(A)

LAeq nacht + 10 dB(A)

De dagperiode loopt van 7.00 u tot 19.00 u, de avondperiode van 19.00 u tot 23.00 u, en de nachtperiode van 23.00 u tot 7.00 u.

De volgens tabel 3.5 berekende waarde voor TG60 is de som van de gemeten waarden voor TG60. Daaruit en uit het aantal draaistellen waarop deze som betrekking had is TG60 (gem./draaistel) berekend.

(2) Berekeningen groepsmeetpunten

Tabel 3.6 geeft een voorbeeld van de presentatie van de eindresultaten voor de groepsmeetpunten.

Deze totaalresultaten zijn als volgt berekend:

LAeq: Voor alle afzonderlijke metingen werd het verschil tussen de Ep's gemeten op het basismeetpunt en op het groepsmeetpunt berekend volgens (3.4):

$$c = 10 \lg \frac{E_p \text{ basismeetpunt}}{E_p \text{ groepsmeetpunt}} \quad (3.4)$$

Vervolgens werden, gesplitst naar "het volledige treinverkeer" en "goederentreinen", de rekenkundige gemiddelden van deze c-waarden berekend (Ceq) en het LAeq op het groepsmeetpunt per periode bepaald volgens:

$$\text{LAeq groepsmeetpunt} = \text{LAeq basismmeetpunt} - \text{Ceq} \quad (3.5)$$

LAm_{ax}: Van alle afzonderlijke metingen werd het verschil tussen LAm_{ax} op het basismmeetpunt en op het groepsmeetpunt berekend:

$$c = \text{LAm}_{\text{ax}} \text{ basismmeetpunt} - \text{LAm}_{\text{ax}} \text{ groepsmeetpunt} \quad (3.6)$$

Gesplitst naar treinsoort (alle treinen vs. goederentreinen) werd het rekenkundig gemiddelde van de c-waarde bepaald (C_{max}) en het LAm_{ax} op het groepsmeetpunt per periode berekend volgens (3.7):

$$\text{LAm}_{\text{ax}} \text{ groepsmeetpunt} = \text{LAm}_{\text{ax}} \text{ basismmeetpunt} - \text{C}_{\text{max}} \quad (3.7)$$

TG60: Van alle afzonderlijke metingen werd het verschil tussen TG60 op het basismmeetpunt en op het groepsmeetpunt berekend. Vervolgens werd de som van de verschillen gedeeld door het totaal aantal draaistellen waarop de verschillen betrekking hadden. Door de dan gevonden waarde af te trekken van TG60 gem./draaistel voor het basismmeetpunt werd TG60 gem./draaistel voor het groepsmeetpunt gevonden, in formule:

$$\text{TG60 gem./draaistel op G(roepsmeetpunt)} = \quad (3.8)$$

$$\text{TG60 gem./draaistel op B(asispunt)} - \frac{\Sigma (\text{TG60 B} - \text{TG60 G})}{\text{aantal draaistellen}}$$

Met behulp van het aantal passerende draaistellen per periode kan dan TG60 voor het groepsmeetpunt worden berekend.

(3) Berekeningen per woning

De waarden voor LAeq, LAm_{ax} en TG60 zijn op dezelfde wijze berekend als beschreven in de vorige paragraaf, met dien verstande dat in plaats van aan het basismmeetpunt werd gerefereerd aan het groepsmeetpunt.

Op de plattegrond van de locatie werden de waarden LAeq-dag-alle treinen en LAm_{ax}-dag-alle treinen op de hooggelegen punten ingetekend op die adressen waar gemeten was. Aan de hand van de plattegrond (ligging van de woning t.o.v. de baan) werden deze waarden door interpolatie ook bepaald voor adressen waar niet was gemeten. Vervolgens werden per groep huizen de verschillen tussen hoog en laag bepaald door het gemiddeld verschil te nemen van de adressen waar was gemeten. Onderscheid tussen LAm_{ax} en LAeq werd daarbij niet gemaakt. Tabel 3.7 geeft een voorbeeld van de presentatie van de eindresultaten per woning.

3.7. GEVELISOLATIEMETINGEN

Naast geluidniveaus voor buiten zijn ook geluidniveaus binnen de woningen bepaald. Het geluidniveau binnen is gelijk aan het verschil tussen het niveau buiten en de geluidwering van de gevel.

Geluidniveaus zijn uitgedrukt in dB(A). Daardoor ontstond echter het probleem dat het geluidniveau binnen een functie was van het spectrum van het invallend geluid; dit spectrum was van geval tot geval anders. Het was anders voor de ene trein ten opzichte van de andere en het was ook anders voor de ene gevel ten opzichte van de andere. Het spectrum was bijvoorbeeld afhankelijk van type en snelheid van de trein en het werd bovendien gemodificeerd gedurende de transmissie van bron naar gevel.

Een tweede probleem dat zich voordeed bij de bepaling van de geluidniveaus binnen was de diversiteit van de in het onderzoek betrokken woningen en derhalve van de gevels van die woningen. Dit was een probleem omdat het in verband met de grote aantallen woningen niet mogelijk was alle relevante gevelisolaties te meten.

In deze paragraaf zal kort uiteengezet worden hoe, gegeven bovengeschetste problemen, voor de diverse ruimten de geluidniveaus zijn vastgesteld.

De woningen

De in de verschillende locaties gelegen woningen waren zeer verschillend van bouwjaar, bouwtrant en ligging ten opzichte van de spoorbaan. Terwijl het bijvoorbeeld in Rijswijk ging om etagewoningen gebouwd in de jaren zestig en uitgevoerd met onder andere stalen raamkozijnen, ging het in Wormerveer om vooroorlogse woningen met houten schuiframen. In Bilthoven waren het voornamelijk alleenstaande woningen in een villawijk; in Rijen, Best, Olst en Nijkerk na-oorlogse rijtjeswoningen. De locatie Oisterwijk kent de grootste variëteit: van na-oorlogse rijtjeswoningen tot woningen waarvan de gevels drastisch waren verbouwd dan wel door de bewoners zelf voorzien waren van dubbel glas. Voor de locaties Bilthoven en Wormerveer is afgezien van het vaststellen van binnenniveaus. De situatie was daarvoor te gevarieerd en complex.

Methode

Van een groot aantal gevels is de geluidwering bepaald met behulp van een geluidbron die ruis produceert. Aan de hand van een aantal standaardspectra is vervolgens voor elk van de achter die gevels liggende ruimten het geluidniveau in dB(A), veroorzaakt door voorbijrijdende treinen, bepaald. Het gebruik van standaardspectra is dus de gekozen oplossing van de bovengeschetste spectrum afhankelijkheid van het geluidniveau binnen.

Aan de gevels, waarvan de opbouw gelijk was aan die van een gemeten gevel, zijn dezelfde isolatiewaarden toegekend als van de gemeten gevel. Voor de overige gevels is de geluidreductie berekend aan de hand van gegevens omtrent de gevelsamenstelling en geluidisolatiegegevens van de materialen waaruit de gevel was opgebouwd.

Standardspectra

De gehanteerde standardspectra zijn als volgt bepaald. Op een locatie zijn op vier meetplaatsen de octaafbandspectra van 192 treinen bepaald. De vier meetplaatsen kunnen als volgt gekarakteriseerd worden:

0. vrije veld, 25 m van de spoorbaan, vrij zicht op de spoorbaan;
1. voor een gevel evenwijdig aan de spoorbaan, 25 m van de spoorbaan, vrij zicht;
2. voor een gevel evenwijdig aan de spoorbaan, 90 m van de spoorbaan, geen zicht op de spoorbaan;
3. voor een gevel loodrecht op de spoorbaan, 70 m van de spoorbaan, gedeeltelijk zicht op de spoorbaan.

Van de 192 treinen waren 113 reizigerstreinen en 79 goederentreinen. Uit de metingen zijn gemiddelde spectra bepaald:

- per meetplaats, per treintype (reizigers- of goederentrein),
- per meetplaats, gemiddeld over alle treinen,
- voor alle meetplaatsen, alle treinen.

De bruikbaarheid van deze gemiddelde spectra is vervolgens getoetst bij acht gevels op vier locaties. Voor elke gevel is twee à drie maal de geluidwering bepaald waarbij als geluidbron een passerende trein fungeerde; gemeten is zowel in octaafbanden als in dB(A). Tevens is voor elke gevel de geluidwering bepaald met behulp van een ruisbron als geluidbron.

Voor elk van deze acht gevels is op drie manieren de geluidwering in dB(A) bepaald:

- A. rechtstreekse meting met twee of drie voorbijgaande treinen als geluidbron,
- B. berekend aan de hand van de ruismetingen en de gemiddelde spectra van bovengenoemde 192 treinen,
- C. berekend aan de hand van de ruismetingen en de spectra van de twee of drie voorbijrijdende treinen.

Het verschil tussen de rechtstreekse gemeten gevelreductie in dB(A) (A.) en de berekende volgens C. bedroeg gemiddeld niet meer dan 0,4 dB(A) met een standaardafwijking van 1,5 dB(A). Hieruit is geconcludeerd dat berekening van de gevelreductie in dB(A) onder gebruikmaking van isolatiemetingen met een ruisbron en een bepaald aangenomen spectrum mogelijk is.

Het gemiddelde verschil tussen berekende waarden van de gevelreductie in dB(A) voor reizigers- en goederentreinen bedroeg 0,9 dB(A), zodat een onderscheid tussen deze twee type treinen niet nodig was. Wel bleek een onderscheid nodig tussen verschillende meetplaatsen. Het verschil tussen meetplaats 1 (25 m van spoorbaan, vrij zicht) en meetplaats 3 (70 m van spoorbaan, gedeeltelijk zicht) was nog beperkt (gemiddeld 0,9 dB(A)), maar het verschil tussen meetplaats 1 en meetplaats 2 (90 m van spoorbaan, geen zicht) bedroeg gemiddeld 3,5 dB(A).

Op basis van het bovenstaande is besloten drie standardspectra te gebruiken, namelijk voor de situaties met vrij zicht, met gedeeltelijk zicht en zonder zicht op de spoorbaan. Deze standardspectra zijn weergegeven in figuur 3.2. De niveau's en de spreiding zijn weergegeven in tabel 3.8.

Bepaling van de geluidreductie van de gevels

Per cluster zijn de gevels gesorteerd naar overeenkomstige kenmerken van beglazing, borstwering, oppervlakteverhoudingen e.d. Van elk soort gevel is met behulp van een ruisgenerator- versterker-luidsprekercombinatie de gevelreductie in octaafbanden gemeten. Elke gevel is in twee standen gemeten:

- gesloten, dat wil zeggen klap- of draairaampjes en eventuele ventilatieroosters of -schuiven dicht,
- ventilatiestand, dat wil zeggen een klap- of draairaam of ventilatierooster of -schuif zodanig geopend dat een ventilatieopening van 200 à 400 cm² ontstond.

Het buitenniveau (inclusief 3 dB(A) in verband met gevelreflecties) is gemeten met een microfoon op ongeveer 1 m voor de gevel. Het geluidniveau binnen is gemeten op een meetplaats in de woon- of slaapkamer.

Aan de hand van deze in octaafbanden gemeten gevelreductie en het bij de betreffende cluster behorende standaardspectrum is de geluidreductie in dB(A) berekend. Voor de in een cluster niet gemeten maar tot dezelfde soort behorende gevel is de geluidreductie gelijk gesteld aan die van de wel gemeten gevels.

Op een aantal plaatsen was het niet mogelijk gevelreductiemetingen uit te voeren. In die gevallen zijn de woningen bezocht en zijn de afmetingen van de kamers en van de geveldelen en de dikte en het type van het glas bepaald. Met deze gegevens en met uit de literatuur verkregen isolatiewaarden van de verschillende gevelonderdelen is de geluidreductie berekend. De geluidreductie van deze gevels in ventilatiestand is aan de hand van de berekende waarden geschat.

3.8. ACHTERGRONDGELUIDMETINGEN

In iedere locatie zijn gedurende de verschillende etmaalperioden achtergrondgeluidmetingen uitgevoerd. Gemeten werd het LA95 met behulp van een statistische geluidniveauanalysator (fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4426). De periode waarover is gemeten was in totaal ongeveer 15 minuten, waarbij de analysator werd uitgeschakeld gedurende de tijd dat treingeluid hoorbaar was.

3.9. ALGEMENE OPMERKINGEN

De volgende algemene opmerkingen kunnen nog worden gemaakt:

- Alle eindresultaten zijn gepresenteerd als decibelwaarden; de berekeningen zijn uitgevoerd met centibelwaarden.
- De niveaus voor de gevel zijn de uit de meetresultaten berekende niveaus minus 3 dB(A). Op deze wijze is gecorrigeerd voor de invloed van de gevelreflectie.
- Bij huizen met één woonlaag zijn voor de hooggelegen meetpunten geen waarden gegeven. Deze situatie komt voor in Rijswijk (alle woningen) en in een gedeelte van Twello-Zuid.

- Gegevens met betrekking tot de geluidbelasting door reizigers-treinen zijn per adres berekend uit de gegevens voor "alle treinen" en de goederentreinen.
- TG60-waarden konden alleen gegeven worden voor die plaatsen en adressen waar daadwerkelijk is gemeten. Op plaatsen en adressen waar niet is gemeten (maar waar de resultaten door interpolatie zijn verkregen), wordt voor TG60 een nul (0) gegeven wanneer vaststaat dat het niveau nooit hoger is dan 60 dB(A). Aangenomen is dat dit het geval zal zijn wanneer L_{max} - dat wil zeggen het rekenkundig gemiddelde - lager is dan 55 dB(A). Zoals reeds is opgemerkt, is het aantal dosismaten voor adressen in vijf locaties beperkt. Voor deze adressen worden geen waarden voor TG60 gegeven. Al met al is het aantal gegevens met betrekking tot TG60 gering.
- NG60, het aantal malen dat het niveau hoger is dan 60 dB(A) is bepaald uit cumulatieve verdelingen van het aantal treinen dat langs de baan een bepaalde waarde voor L_{max} niet heeft overschreden en de gemeten overdrachten C_{max} (basis/groep) en C_{max} (groep/individueel) alsmede de isolatie.

3.10. DE BETROUWBAARHEID VAN DE GELUIDGEGEVENS

Inleiding

De nauwkeurigheid in de verzamelde geluidniveaus wordt beïnvloed door:

1. de meetonnauwkeurigheid,
2. de onnauwkeurigheid veroorzaakt door het niet geheel representatief zijn van het treinverkeer wat betreft het gedrag (treinsnelheid), de samenstelling (treinlengte en treintype) en de intensiteit gedurende de periode waarin de metingen zijn verricht,
3. de onnauwkeurigheid veroorzaakt door het niet geheel representatief zijn van de geluidoverdracht ten gevolge van de meteorologische omstandigheden, met als belangrijkste variabelen de windrichting, de windsnelheid en de temperatuurgradient,
4. de onnauwkeurigheid ten gevolge van interpolaties.

De verschillende bronnen van onnauwkeurigheid worden hierna nader besproken. De genoemde fouten geven de grenzen aan van het 95%-betrouwbaarheidsgebied (we gaan uit van buitenniveaus voor het L_{Aeq}).

(1) Meetonnauwkeurigheid

Bij treingeluid is het frequentiegebied tussen 500 en 2000 Hz bepalend voor het geluidniveau A. In dit frequentiegebied is de onnauwkeurigheid van het meetinstrumentarium, inclusief de afleeson-nauwkeurigheid, kleiner dan 1 dB(A).

(2) Gedrag, samenstelling en intensiteit van het railverkeer

Bij het beschouwen van de onnauwkeurigheden veroorzaakt door het niet-representatief zijn van het gedrag van de treinen en van de verkeerssamenstelling gedurende de meetperioden, dient onderscheid te worden gemaakt tussen reizigers- en goederentreinen.

Op alle locaties bleken de reizigerstreinen zich vrij precies aan de dienstregeling te houden, wat inhoudt dat meestal met de normale snelheden werd gereden, zodat onnauwkeurigheden veroorzaakt door een abnormaal gedrag verwaarloosbaar zullen zijn. De variatie in lengte zou een grotere rol kunnen spelen. Gerekend is met het gemiddelde aantal draaistellen per trein dat tijdens de meting op een bepaalde locatie is voorgekomen. In alle locaties zijn de metingen uitgevoerd in een periode die ook een spitsuur bevatte, zodat te verwachten is dat de bij de metingen gevonden gemiddelde treinlengten representatief zijn. De spitsuren komen in alle beschouwde perioden van het etmaal voor: tijdens de dagperiode tussen 7.00 uur en ca. 9.00 uur en tussen ca. 16.00 uur en 19.00 uur, in de avondperiode tussen 19.00 uur en ca. 20.00 uur en in de nachtperiode tussen ca. 6.00 uur en 7.00 uur. Wanneer de werkelijke gemiddelde treinlengte zou afwijken van de door ons waargenomen gemiddelde treinlengte, is de invloed daarvan op de rekenresultaten niet groot. Een verschil van 10% in de gemiddelde treinlengte geeft een afwijking van ca. 0,5 dB(A) op de LAeq-waarden; een onwaarschijnlijk grote afwijking, bijvoorbeeld een verdubbeling of halvering van de gemiddelde treinlengte, geeft een verschil van 3 dB(A).

De afwijkingen in de dosismaten voor de goederentreinen zullen groter zijn dan die voor de reizigerstreinen, omdat het aantal passerende goederentreinen tijdens de metingen veel kleiner was dan het aantal reizigerstreinen en de onderlinge verschillen in lengte groter. De goederentreinen reden veel minder exact volgens de dienstregeling, en sommige in de dienstregeling als niet-facultatief aangegeven goederentreinen reden in het geheel niet. De intensiteit van het goederenverkeer is sterk afhankelijk van het momentele vrachtaanbod, en het is moeilijk aan te geven of de tijdens onze metingen aangetroffen situatie als een "normale" situatie is te beschouwen. Ook hier geldt weer dat een verdubbeling of halvering van het aantal treinen of van de treinlengten 3 dB(A) afwijking van de door ons berekende waarde zou geven.

Ten slotte wordt opgemerkt dat de invloed van het gedrag, de samenstelling en de intensiteit van het treinverkeer op de dosismaten in dezelfde locatie hetzelfde is.

(3) Onnauwkeurigheid door verschillen in geluidoverdracht

Er is uitsluitend gemeten binnen het meteoraam voor verkeersgeluidmetingen (zie paragraaf 3.4). Hierdoor zijn de mogelijke overdrachtvariaties tot een minimum beperkt. Voor waarnemingsposities op afstanden groter dan ca. 75 m zal de onnauwkeurigheid als gevolg van overdrachtvariaties in de orde van grootte van 2 dB(A) zijn en voor waarneemposities op kleinere afstanden 1 dB(A).

(4) Onnauwkeurigheid door interpolaties

Eerder is beschreven hoe aan de hand van meetresultaten op een beperkt aantal plaatsen in een locatie alle respondenten in deze locatie dosiswaarden zijn toegekend. Doordat de situatie per woning kan verschillen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van schuttingen, schuren, beplantingen of reflecterende objecten, bestaat de mogelijkheid dat de aan een respondent toegekende dosiswaarden niet geheel juist zijn.

De grootte van de mogelijke onnauwkeurigheden is moeilijk aan te geven: geschat wordt dat ze kleiner zijn dan 3 dB(A). De laagste geluidbelastingen worden gevonden op grotere afstanden van de baan, achter niet naar de baan gekeerde gevels en op de 1,5 m hoog gelegen punten. Meestal zijn dit ook de meest complexe situaties wat betreft de aanwezigheid van afschermingen enz. Daarom is te verwachten dat de onnauwkeurigheden bij hoge geluidbelastingen kleiner zullen zijn dan bij lage geluidbelastingen.

In dit verband is het van belang te weten in hoeverre bij de verschillende dosismaten interpolaties een rol hebben gespeeld. Zo zijn op meetplaats 10 voor slechts 135 van de 671 woningen de waarden gebaseerd op metingen.

Onnauwkeurigheid binnen

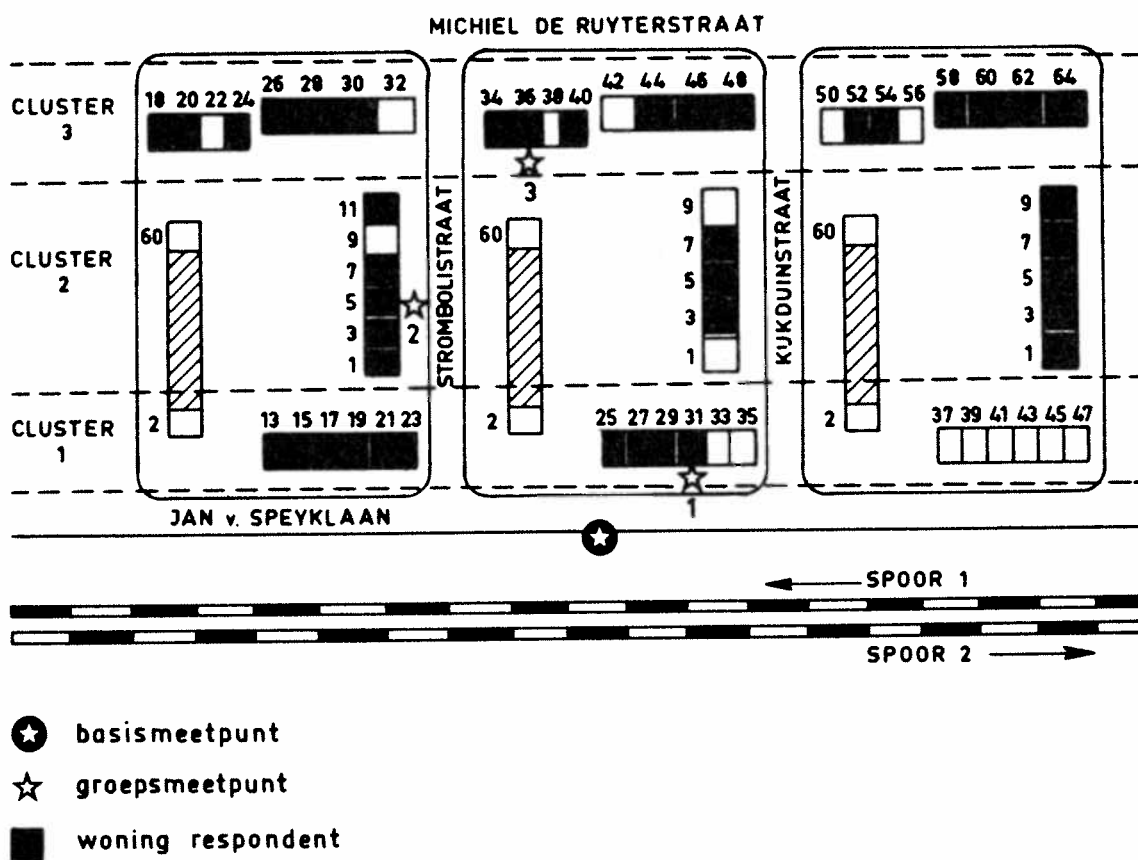
De nauwkeurigheid in de voor binnen bepaalde geluidniveaus wordt door drie factoren bepaald:

- de onnauwkeurigheid in de bepaling van de gevelisolatie (inclusief het verschil tussen de bepaling met voorbijrijdende treinen als bron en met een ruis producerende luidspreker als bron),
- de onnauwkeurigheid in de gebruikte standaardspectra,
- de variatie in de gevelisolatie; de isolatie is slechts voor een beperkt aantal gevels gemeten en de isolatie van de overige gevels is hieruit afgeleid. Niet alle gevels van een zelfde type hebben echter dezelfde isolatie.

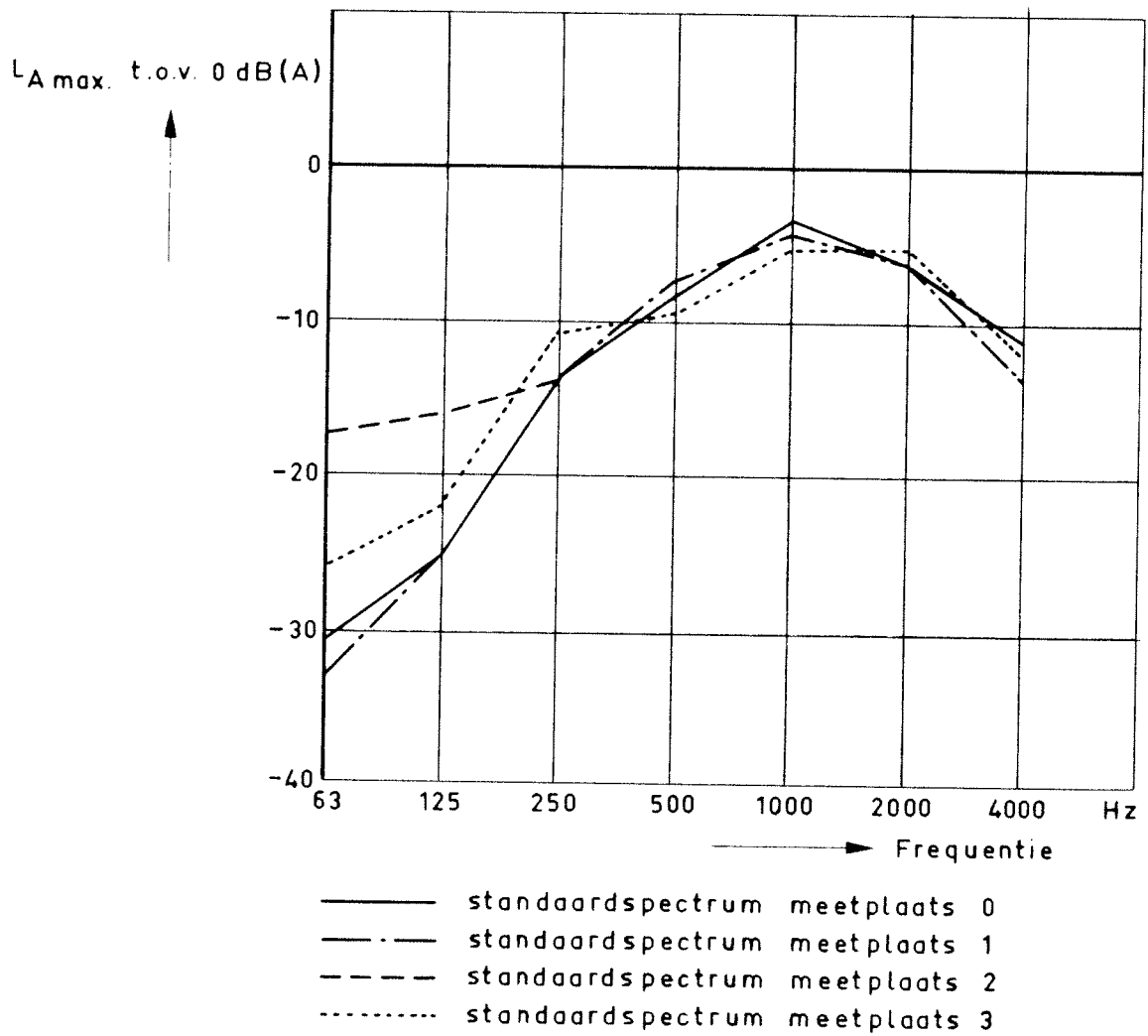
Zoals reeds in de desbetreffende paragraaf is aangegeven is de standaardafwijking van de isolatiebepaling met ruis ten opzichte van die met voorbijrijdende treinen 1,5 dB(A). Te zamen met de onnauwkeurigheid in de meetmethode zelf van ongeveer 1 dB(A) leidt dit tot een onnauwkeurigheid van 2 dB(A) in de bepaling van de gevelisolatie. De onnauwkeurigheid ten gevolge van het gebruik van een standaardspectrum in plaats van de feitelijke spectra blijkt eveneens ongeveer 2 dB(A) te bedragen. Een zelfde waarde zal naar schatting de onnauwkeurigheid zijn vanwege de variatie in isolatie van gevel tot gevel.

Totale onnauwkeurigheid

De hiervoor genoemde fouten zijn onderling onafhankelijk. In dat geval geldt dat de totale variantie (kwadraat van de standaarddeviatie) gelijk is aan de som van de afzonderlijke varianties. Hieruit resulteert voor het totaal een onnauwkeurigheid (95%-betrouwbaarheidsgebied) van 5 dB(A).



Figuur 3.1: Voorbeeld van een clusterindeling (Locatie 1: Best Noord)



Figuur 3.2: Weergave van de gebruikte standaardspectra

Tabel 3.1: Voorbeeld van de wijze waarop de resultaten van de op een basismmeetpunt uitgevoerde metingen zijn getabelleerd

Locatie : 1

Plaats metingen : Basismmeetpunt

Meting nummer	L _{Amax} [dB(A)]	E _p	TG 60 [s]	T' _p [s]	Tijd [uur]	Gegevens gepasseerde treinen			
						soort	dr.st.	spoor	snelheid [km/h]
38	86,1	414,2	12,7	6,4	1422	40	6	2	101
39	83,8	318,3	13,8	7,5	1437	12	4	2	89
40	90,1	1395,0	-	7,5	1442	13	12	1	139
41	83,4	430,7	-	9,9	1443	12	8	2	82
42	90,1	1494,0	15,8	7,6	1445	13	12	2	129
43	83,4	563,8	19,5	12,3	1446	12	8	1	75
44	83,4	297,7	-	9,2	1450	12	4	1	88
45	86,5	2722,3	53,5	30,4	1500	22	99	1	77
46	85,6	414,0	12,0	7,0	1504	12	4	2	87
47	87,8	727,2	18,3	6,4	1509	12	8	2	133
48	88,3	1028,0	16,7	8,2	1511	13	12	1	120
49	86,1	556,7	15,1	7,4	1516	10	8	1	124
50	90,1	1638,0	-	7,3	1517	13	12	2	133
51	84,3	478,4	-	9,9	1519	11	4	1	79
52	85,6	523,6	15,9	8,6	1523	32	10	2	81
53	83,4	246,5	12,1	7,0	1531	40	4	1	100
54	81,2	197,2	13,1	9,1	1534	11	4	2	74
57	86,3	1970,2	35,8	21,5	1559	36	66	1	83
58	82,5	265,8	-	8,1	1608	12	4	2	83
59	82,5	348,9	-	10,3	1610	11	8	2	76
60	90,1	1801,0	-	8,2	1611	13	16	1	137
61	89,6	1597,0	-	7,9	1615	13	14	2	129
63	78,5	153,0	-	14,5	1617	12	4	1	61
64	84,7	383,1	-	8,4	1633	12	4	1	82
65	75,8	77,7	14,1	12,8	1636	12	4	2	64
67	87,8	1066,0	-	9,9	1646	11	8	1	91
68	90,0	-	-	-	1646	13	16	2	124
69	82,5	255,7	14,5	9,9	1650	11	4	1	74
70	77,3	586,8	45,7	44,3	1657	27	27	1	37
71	90,0	7300,5	42,5	29,6	1659	20	99	2	88
72	79,4	135,4	13,2	9,8	1701	10	4	1	74
73	82,9	261,8	13,5	8,1	1708	12	4	2	83
74	88,7	1093,0	15,3	7,7	1711	13	12	1	127

Tabel 3.2: Gehanteerde codering voor de verschillende treintypen

TREIN- GROEP	TREIN- NUMMER	OMSCHRIJVING
1	10	REIZIGERSMATERIEEL 46
2	11	REIZIGERSMATERIEEL 54
2	40	MOTORPOSTTREIN
3	12	REIZIGERSMATERIEEL 64
4	13	E-LOK GETROKKEN NS-REIZIGERSMATERIEEL
4	14	E-LOK GETROKKEN INTERNATIONAAL REIZIGERSMATERIEEL
5	15	DIESEL-ELEKTRISCH REIZIGERSMATERIEEL
6	20	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET GESLOTEN WAGENS
6	21	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET OPEN WAGENS
6	22	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET GESLOTEN EN OPEN WAGENS
6	23	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (OLIIETREIN)
6	24	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (VAM)
6	25	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (AUTOTREIN)
6	26	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (CONTAINERVERVOER)
6	27	E-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (ONDERLOSSERS)
7	30	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET GESLOTEN WAGENS
7	31	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET OPEN WAGENS
7	32	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN MET GESLOTEN EN OPEN WAGENS
7	33	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (OLIIETREIN)
7	34	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (VAM)
7	35	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (AUTOTREIN)
7	36	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (CONTAINERVERVOER)
7	37	DIESEL-LOK GETROKKEN GOEDERENTREIN (ONDERLOSSERS)
8	41	E-LOK
9	42	DIESEL-LOK

Tabel 3.3: Voorbeeld van de per treingroep berekende gegevens voor een basismeetpunt

Locatie : 1			Locatie : 1		
Treingroep ... : 1	Spoor 1	Spoor 2	Treingroep ... : 6	Spoor 1	Spoor 2
Aantal treinen	: 3,0	3,0	Aantal treinen	: 6,0	4,0
Aantal draaistellen	: 20,0	20,0	Aantal draaistellen	: 434,0	259,0
Ep (gem./draaist.)	: 43,1	42,2	Ep (gem./draaist.)	: 41,3	57,5
TG 60 (gem./draaist.)	: 2,1	2,2	TG 60 (gem./draaist.)	: 0,6	0,7
LAmx (gemiddeld)	: 81,8	82,8	LAmx (gemiddeld)	: 86,0	86,3
Gem. snelheid (km/h)	: 95,0	98,0	Gem. snelheid (km/h)	: 75,3	74,5
Locatie : 1			Locatie : 1		
Treingroep ... : 2	Spoor 1	Spoor 2	Treingroep ... : 7	Spoor 1	Spoor 2
Aantal treinen	: 7,0	4,0	Aantal treinen	: 2,0	4,0
Aantal draaistellen	: 42,0	22,0	Aantal draaistellen	: 92,0	138,0
Ep (gem./draaist.)	: 93,3	65,7	Ep (gem./draaist.)	: 37,1	60,2
TG 60 (gem./draaist.)	: 2,4	2,6	TG 60 (gem./draaist.)	: 0,5	0,9
LAmx (gemiddeld)	: 85,5	84,3	LAmx (gemiddeld)	: 86,9	87,8
Gem. snelheid (km/h)	: 101,1	94,5	Gem. snelheid (km/h)	: 86,5	79,2
Locatie : 1			Locatie : 1		
Treingroep ... : 3	Spoor 1	Spoor 2	Treingroep ... : 8	Spoor 1	Spoor 2
Aantal treinen	: 13,0	14,0	Aantal treinen	: 1,0	1,0
Aantal draaistellen	: 72,0	80,0	Aantal draaistellen	: 2,0	2,0
Ep (gem./draaist.)	: 91,1	71,1	Ep (gem./draaist.)	: 82,5	72,6
TG 60 (gem./draaist.)	: 3,0	2,8	TG 60 (gem./draaist.)	: 0,0	5,1
LAmx (gemiddeld)	: 83,1	83,7	LAmx (gemiddeld)	: 81,6	81,6
Gem. snelheid (km/h)	: 75,1	88,3	Gem. snelheid (km/h)	: 78,0	98,0
Locatie : 1			Locatie : 1		
Treingroep ... : 4	Spoor 1	Spoor 2	Treingroep ... : 9	Spoor 1	Spoor 2
Aantal treinen	: 9,0	10,0	Aantal treinen	: 0,0	0,0
Aantal draaistellen	: 140,0	140,0	Aantal draaistellen	: 0,0	0,0
Ep (gem./draaist.)	: 95,3	109,7	Ep (gem./draaist.)	: 0,0	0,0
TG 60 (gem./draaist.)	: 1,3	1,3	TG 60 (gem./draaist.)	: 0,0	0,0
LAmx (gemiddeld)	: 89,4	88,7	LAmx (gemiddeld)	: 0,0	0,0
Gem. snelheid (km/h)	: 130,1	121,0	Gem. snelheid (km/h)	: 0,0	0,0
Locatie : 1					
Treingroep ... : 5	Spoor 1	Spoor 2			
Aantal treinen	: 0,0	0,0			
Aantal draaistellen	: 0,0	0,0			
Ep (gem./draaist.)	: 0,0	0,0			
TG 60 (gem./draaist.)	: 0,0	0,0			
LAmx (gemiddeld)	: 0,0	0,0			
Gem. snelheid (km/h)	: 0,0	0,0			

Tabel 3.4: Voorbeeld: invoer van een "dienstregeling"

Dienstregeling locatie 1

Trein- groep	Spoor	Ep	TG 60	LAmox	--- dag ---		-- avond --		-- nacht --	
					aantal tr.	dr.st.	aantal tr.	dr.st.	aantal tr.	dr.st.
1	1	43,1	2,1	81,8	6	36	2	12	3	18
1	2	42,2	2,2	82,8	6	36	2	12	3	18
2	1	93,3	2,4	85,5	11	66	4	24	5	30
2	2	65,7	2,4	84,3	11	66	4	24	4	24
3	1	91,1	3,0	83,1	27	216	9	72	8	64
3	2	71,1	2,8	83,7	27	216	10	80	5	40
4	1	95,3	1,3	89,4	33	462	11	154	3	42
4	2	109,7	1,3	88,7	33	462	11	154	2	28
6	1	41,3	0,6	86,0	8	560	5	350	9	630
6	2	57,5	0,7	86,3	7	490	3	210	11	770
7	1	37,1	0,5	86,8	2	80	2	80	2	80
7	2	60,2	0,9	87,8	2	80	2	80	2	80
8	1	82,5	5,5	81,6	1	2	1	2	1	2
8	2	72,6	5,1	81,6	1	2	1	2	1	2

 Tabel 3.5: Voorbeeld van de berekende totaalresultaten van een
 basismeetpunt

Totaalresultaten voor het basismeetpunt op locatie 1

	----- Alle treinen -----				----- Goederentreinen -----			
	Dag	Avond	Nacht	24 Ur	Dag	Avond	Nacht	24 Ur
Som Ep	202707,2	83281,0	100048,0	386036,2	59397,2	34624,2	78388,2	172409,6
LAeq.....	70,7	71,6	69,4	70,5	65,4	67,8	68,3	67,0
Etmaalwaarde				79,4				78,3
TG 60 (gemeten)	451,9	539,8	0,0	991,7	193,4	271,4	0,0	464,8
TG 60 (gem./dr.st) .	1,1	1,1	1,1	1,1	0,7	0,7	0,7	0,7
TG 60 (berekend) ...	2917,3	1320,9	1922,4	6160,5	802,7	478,7	1034,1	2315,4
LAmx.....	85,9	85,9	85,1	85,8	85,9	85,8	86,0	85,9
Gepass. treinen	175	67	59	301	21	14	26	61
Gepass. draaist. ...	2774	1256	1828	5858	1214	724	1564	3502

Tabel 3.6: Voorbeeld van de berekende totaalresultaten voor de groepsmeetpunten

Totaalresultaten voor de groepsmeetpunten op locatie 1

Cluster 1

	Alle treinen				Goederentreinen			
	Dag	Avond	Nacht	24 Uur	Dag	Avond	Nacht	24 Uur
LAeq	69,1	70,0	67,8	68,9	63,8	66,2	66,7	65,4
Etmaalwaarde				77,8				76,7
TG 60 (berekend) ...	2885,7	1306,6	1901,6	6093,9	813,8	485,3	1048,4	2347,5
TG 60 (gem./dr.st) .	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7
LAmx (gem.)	84,0	83,9	83,2	83,8	83,5	83,4	83,6	83,5

Cluster 2

	Alle treinen				Goederentreinen			
	Dag	Avond	Nacht	24 Uur	Dag	Avond	Nacht	24 Uur
LAeq	58,4	59,3	57,1	58,2	53,2	55,7	56,2	54,9
Etmaalwaarde				67,1				66,2
TG 60 (berekend) ...	1851,9	838,5	1220,3	3910,7	611,4	364,6	787,7	1763,7
TG 60 (gem./dr.st) .	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
LAmx (gem.)	73,3	73,3	72,5	73,2	73,9	73,8	73,9	73,9

Cluster 3

	Alle treinen				Goederentreinen			
	Dag	Avond	Nacht	24 Uur	Dag	Avond	Nacht	24 Uur
LAeq	52,3	53,2	51,0	52,1	47,3	49,7	50,2	48,9
Etmaalwaarde				61,0				60,2
TG 60 (berekend) ...	2011,9	910,9	1325,8	4248,5	504,0	300,6	649,3	1453,9
TG 60 (gem./dr.st) .	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4
LAmx (gem.)	67,8	67,7	67,0	67,6	68,5	68,4	68,6	68,5

Tabel 3.7: Voorbeeld van de presentatie van de dosisgegevens per woning. In dit voorbeeld zijn de kolommen 9 t/m 12 (in deze volgorde) gelijk aan de kolommen 5 t/m 8 omdat de voorzijde van de woning de meest belaste zijde is

Dosisgegevens voor adrescode 209 in cluster 1 op locatie 1 : Best noord

----- Geluidisolatie -----													
Woonkamer	Raam dicht	30 dB(A)											
Woonkamer	Raam ventilatiestand ..	25 dB(A)											
Ouderslaapkamer	Raam dicht	25 dB(A)											
Ouderslaapkamer	Raam ventilatiestand ..	20 dB(A)											
- Achtergrondgeluid -													
Dag		45 dB(A)	-----										
L _{A(50)} Avond ..		41 dB(A)	40 Meter										
Nacht ..		29 dB(A)											
----- Alle treinen -----													
		Dag	Avond	Nacht	24 Uur	----- Goederentreinen -----							
Aantal treinen		175	67	59	301	Dag	Avond	Nacht	24 Uur	Dag	Avond	Nacht	24 Uur
Aantal draaist.		2774	1256	1828	5858	1214	724	1564	3502				
----- binnen -----													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L _{Aeq} Dag		37	42	44	49	64	66	43	48	64	66	43	48
L _{Aeq} Avond		38	43	45	50	65	67	44	49	65	67	44	49
Alle treinen Nacht		35	40	43	48	62	65	42	46	62	65	42	46
[dB(A)] 24 Uur		37	42	44	49	64	66	43	48	64	66	43	48
Etmaal		45	50	53	58	72	75	52	56	72	75	52	56
L _{Aeq} Dag		32	37	40	45	59	62	38	43	59	62	38	43
L _{Aeq} Avond		35	40	42	47	62	64	41	45	62	64	41	45
Goed.treinen Nacht		35	40	43	48	62	65	41	46	62	65	41	46
[dB(A)] 24 Uur		34	39	41	46	61	63	40	45	61	63	40	45
Etmaal		45	50	53	58	72	75	51	56	72	75	51	56
L _{Amax} Dag		52	57	59	64	79	81	56	61	79	81	56	61
L _{Amax} Avond		52	57	59	64	79	81	56	61	79	81	56	61
Alle treinen Nacht		51	56	58	63	78	80	55	60	78	80	55	60
[dB(A)] 24 Uur		52	57	59	64	79	81	56	61	79	81	56	61
L _{Amax} Dag		53	58	60	65	80	82	60	64	80	82	60	64
L _{Amax} Avond		53	58	60	65	80	82	60	64	80	82	60	64
Goed.treinen Nacht		53	58	60	65	80	82	60	64	80	82	60	64
[dB(A)] 24 Uur		53	58	60	65	80	82	60	64	80	82	60	64
TG 60 Dag		0	-	-	-	1960	2604	1717	701	1960	2604	1717	701
TG 60 Avond		0	-	-	-	888	1179	777	317	888	1179	777	317
Alle treinen Nacht		0	-	-	-	1292	1716	1131	462	1292	1716	1131	462
[s] 24 Uur		0	-	-	-	4140	5498	3625	1480	4140	5498	3625	1480
TG 60 Dag		0	-	-	-	384	637	507	459	384	637	507	459
TG 60 Avond		0	-	-	-	229	380	302	274	229	380	302	274
Goed.treinen Nacht		0	-	-	-	494	821	653	591	494	821	653	591
[s] 24 Uur		0	-	-	-	1107	1838	1463	1323	1107	1838	1463	1323
NG 60 Dag		0	35	71	145	175	175	28	97	175	175	28	97
NG 60 Avond		0	13	27	55	67	67	11	37	67	67	11	37
NG 60 Nacht		0	12	24	49	59	59	9	33	59	59	9	33
NG 60 24 Uur		0	59	123	249	301	301	48	167	301	301	48	167

Tabel 3.8: "Standaardrailverkeersgeluid" ten opzichte van 0 dB(A)-waarden voor L_{Amax}. De (relatieve) spectra verkregen op de meetplaatsen 1, 2 en 3 zijn gehanteerd als standaardspectra.

meet- plaats	niveau en sprei- ding	63	125	250	500	1000	2000	4000	aan- tal
0	niveau s	-30,6 4,88	-24,9 3,96	-13,2 3,15	- 8,6 2,26	- 3,7 1,01	- 6,0 1,83	-12,1 2,40	73
1	niveau s	-32,8 5,25	-24,8 4,53	-13,2 3,69	- 7,7 2,03	- 3,8 0,90	- 6,0 1,44	-13,8 2,05	51
2	niveau s	-17,5 4,10	-16,2 4,20	-14,4 2,03	- 8,3 2,73	- 4,2 1,55	- 6,2 1,79	-13,3 2,14	16
3	niveau s	-25,7 5,62	-22,1 4,85	-11,1 3,43	- 9,4 2,65	- 5,1 1,04	- 5,0 1,73	-11,9 3,05	52

4. MEETRESULTATEN EN DE SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF

4.1. INLEIDING

Dit hoofdstuk is slechts bedoeld als achtergrondinformatie. In hoofdstuk 3 is beschreven op welke wijze in dit onderzoek de gegevens over het railverkeersgeluid werden verzameld. In de paragrafen 4.3 en 4.4 bespreken we enkele resultaten van deze metingen. Hoewel er veel geluidgegevens beschikbaar zijn gekomen, is het niet nodig deze uitgebreid te behandelen. De gegevens werden verzameld met de bedoeling er subjectieve effecten van railverkeerslawaai aan te koppelen.

Paragraaf 4.4 geeft enkele algemene resultaten met betrekking tot de verschillende dosisvariabelen. In paragraaf 4.3 worden emissiegegevens en gegevens als het aantal treinen in de verschillende onderzoekslocaties verschaft, zodat men de steekproef kan beoordelen. Paragraaf 4.2 geeft ook informatie over de steekproef, maar nu gaat het om demografische en sociaal-economische kenmerken, dus om gegevens uit de enquête.

4.2. SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF: ENQUETE-GEGEVENS

In paragraaf 2.2 is de opzet van steekproeftrekking beschreven. Hier wordt de feitelijke steekproefsamenstelling weergegeven.

Aantal succesvolle interviews

Het aantal succesvolle interviews in de verschillende locaties was:

Rijen	78
Best	71
Oisterwijk	77
Bilthoven	84
Wormerveer	70
Rijswijk	75
Nijkerk	65
Olst	73
Twello	78

TOTAAL	671

Demografische en sociaal-economische kenmerken van de steekproef

In de tabellen 4.1A t/m 4.5B zijn de belangrijkste demografische en sociaal-economische kenmerken van de steekproef weergegeven, voor de verschillende locaties afzonderlijk. Bij deze tabellen kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

Leeftijd (tabellen 4.1A en 4.1B). Tussen de locaties bleken er grote verschillen te bestaan in leeftijdsamenstelling van de populatie aldaar: in Nijkerk is 82% van de respondenten jonger dan 40 jaar, terwijl in Bilthoven 85% van de ondervraagden 40 jaar of ouder is. Wanneer, volgens de oorspronkelijke onderzoeksopzet, locaties worden samengevoegd tot een cel (zie paragraaf 2.2), blijken ook de cellen onderling verschillen te vertonen: in cel C zijn significant (*) meer personen tussen 25 en 39 jaar dan in cel B. Cel B herbergt meer respondenten van 55 jaar en ouder dan beide andere cellen ($p < 0,05$).

De totale steekproef wijkt qua samenstelling af van de totale Nederlandse bevolking die, naar wij aannemen, weinig zal verschillen van de populatie zoals wij die aantreffen rondom het spoorwegnet: er zijn relatief minder personen van 16 tot en met 24 jaar en meer personen van 25 tot en met 39 jaar ondervraagd.

Geslacht (tabellen 4.2A en 4.2B). Ongeveer driekwart van de respondenten waren vrouwen. Op dit kenmerk zijn de cellen onderling goed vergelijkbaar.

Gezinsgrootte (tabellen 4.3A en 4.3B). De gezinsgrootte varieert sterk van plaats tot plaats. In Rijen, Nijkerk en Olst wonen relatief veel gezinnen van vijf of meer personen, terwijl in Bilthoven en Twello relatief veel één- en tweepersoonshuishoudens worden aangetroffen. Bij inspectie van de cellen komt naar voren dat in cel B meer twee- en driepersoons huishoudens en minder vier- en meerpersoonshuishoudens zijn ondervraagd dan in beide andere cellen. De totale steekproef wijkt iets af van de Nederlandse bevolking: eenpersoonshuishoudens zijn onder-, vierpersoonshuishoudens oververtegenwoordigd. De verschillen zijn niet groot.

Opleiding (tabellen 4.4A en 4.4B). Hier wordt onderscheid gemaakt tussen lagere, middelbare en hogere opleiding. Deze drie klassen zijn als volgt gedefinieerd:

Lagere opleiding

- lager onderwijs (al of niet voltooid), lager onderwijs met VGLO en/of LAVO.

Middelbare opleiding

- voortgezet onderwijs, (M)ULO, driejarige HBS, MAVO, MEAO, UTS.
- middelbaar onderwijs (vijfjarige HBS, Gymnasium, MMS, Lyceum, HAVO, Atheneum) met of zonder MBA.

Hogere opleiding

- voortgezet of middelbaar onderwijs plus hoger beroepsonderwijs zoals HTS, HEAO, sociale of pedagogische academie, kunstonderwijs, kweekschool etc.

(*) Wanneer een in het onderzoek gevonden resultaat - een verband tussen twee variabelen of een verschil tussen twee variabelen - significant is bij een significantieniveau van α (vaak 0,05) betekent dit dat de kans kleiner is dan α dat het vinden van een verband of een verschil op toeval berust. Soms wordt in het rapport niet alleen aangegeven of een verschil of verband significant is (bij een bepaald significantieniveau), maar wordt de precieze p-waarde aangegeven ($p < \dots$).

- voortgezet of middelbaar onderwijs plus MO-akten, accountancy, of beroepsofficiersopleiding.
 - universiteit of hogeschool.
- Ook op het punt van opleiding lopen de onderzoeklocaties ver uiteen. Zo heeft in Oisterwijk, Olst en Twello slechts één procent van de respondenten een hogere opleiding, terwijl dit in Bilthoven 41 procent is. Op celniveau vinden we de hogere en middelbare opleidingen vooral terug in cel B. De samenstelling van de totale steekproef is vrijwel gelijk aan die van de Nederlandse bevolking.

Sociale klasse (tabellen 4.5A en 4.5B). In samenhang met de opleiding zijn de hogere sociale klassen het sterkst vertegenwoordigd in Bilthoven; de lagere het sterkst in Olst en Oisterwijk. In cel B zijn de hogere sociale klassen het sterkst, de lagere sociale klassen het zwakst vertegenwoordigd. De samenstelling van de totale steekproef is vrijwel gelijk aan die van de Nederlandse bevolking.

Tabel 4.1A: Leeftijd
- in procenten van het aantal respondenten per locatie -

	16/24 jaar	25/39 jaar	40/54 jaar	55 jaar en ouder
Rijen	6	46	26	22
Best	7	54	28	11
Oisterwijk	10	35	30	25
Bilthoven	2	13	43	42
Wormerveer	4	39	23	34
Rijswijk	13	56	16	15
Nijkerk	0	82	14	4
Olst	8	48	32	12
Twello	5	26	27	42
Totaal	6	43	27	24
n	43	289	180	159

Tabel 4.1B: Leeftijd
- in procenten van het aantal respondenten per cel -

	16/24 jaar	25/39 jaar	40/54 jaar	55 jaar en ouder
Cel A	8	45	28	19
Cel B	7	39	28	31
Cel C	5	50	24	21
Totaal	6	43	27	24
Nederlandse bevolking	20	30	23	27

○—○ Betekent een statistisch significant verschil, $p < 0,05$.

Tabel 4.2A: Geslacht
- in procenten van het aantal respondenten per locatie -

	man	vrouw
Rijen	28	72
Best	32	68
Oisterwijk	21	79
Bilthoven	24	76
Wormerveer	31	69
Rijswijk	24	76
Nijkerk	28	72
Olst	25	75
Twello	31	69
Totaal	27	73
n	181	490

Tabel 4.2B: Geslacht
- in procenten van het aantal respondenten per cel -

	man	vrouw
Cel A	27	73
Cel B	26	74
Cel C	28	72
Totaal	27	73

Tabel 4.3A: Gezinsgrootte
- in procenten van het aantal respondenten per locatie -

	1 persoon	2 personen	3 personen	4 personen	5 of meer personen
Rijen	8	31	15	19	27
Best	3	21	23	39	14
Oisterwijk	4	23	25	30	18
Bilthoven	11	40	14	24	11
Wormerveer	6	20	28	33	13
Rijswijk	0	43	37	15	5
Nijkerk	3	12	15	42	28
Olst	4	14	23	33	26
Twello	12	33	10	32	13
Totaal	6	27	21	29	17
n	38	181	142	196	114

Tabel 4.3B: Gezinsgrootte
- in procenten van het aantal respondenten per cel -

	1 persoon	2 personen	3 personen	4 personen	5 of meer personen
Cel A	5	25	21	29	20
Cel B	6	35	26	23	10
Cel C	6	20	16	35	23
Totaal	6	27	21	29	17
Nederlandse bevolking	11	28	20	24	17

Tabel 4.4A: Opleidingsniveau
- in procenten van het aantal respondenten per locatie -

	laag	midden	hoog
Rijen	60	30	10
Best	54	42	4
Oisterwijk	77	22	1
Bilthoven	8	51	41
Wormerveer	56	30	14
Rijswijk	24	57	19
Nijkerk	44	31	25
Olst	83	16	1
Twello	81	18	1
Totaal	54	33	13
n	361	222	88

Tabel 4.4B: Opleidingsniveau
- in procenten van het aantal respondenten per cel -

	laag	midden	hoog
Cel A	64	31	5
Cel B	28	47	25
Cel C	71	21	8
Totaal	54	33	13
Nederlandse bevolking	52	34	14

Tabel 4.5A: Sociale klasse (*)

- in procenten van het aantal respondenten per locatie -

	A	B1	B2	C	D
	A is hoog, D is laag				
Rijen	2	9	17	64	8
Best	6	20	14	49	11
Oisterwijk	1	7	14	58	20
Bilthoven	42	24	20	13	1
Wormerveer	3	9	33	51	4
Rijswijk	3	29	31	34	3
Nijkerk	3	31	14	49	3
Olst	0	5	7	73	15
Twello	9	0	19	53	19
Totaal	8	15	19	49	9
n	55	98	126	329	63

Tabel 4.5B: Sociale klasse

- in procenten van het aantal respondenten per cel -

	A	B1	B2	C	D
Cel A	3	11	15	58	13
Cel B	17	21	27	32	3
Cel C	4	11	14	58	13
Totaal	8	15	19	49	9
Nederlandse bevolking	7	33		49	11

(*) Er bestaat geen "standaard-welstandindeling". In dit geval is een indeling gehanteerd zoals die door een aantal Nederlandse marktonderzoekbureaus wordt gebruikt. In deze indeling is:

A: welgestelde klasse: 10% van de Nederlandse bevolking;

B: hogere middenklasse: 35% van de Nederlandse bevolking;

C: lagere middenklasse: 45% van de Nederlandse bevolking;

D: lagere arbeidersklasse: 10% van de Nederlandse bevolking.

Criteria voor deze indeling zijn opleiding, de functie die men bekleedt en inkomen.

4.3. SAMENSTELLING VAN DE STEEKPROEF: MEETGEGEVENS

Aard van het treinverkeer

Uit tabel 4.6 blijkt dat Rijswijk langs de drukste lijn ligt (332 treinen per dag), maar dat het goederenverkeer in Best het grootst is.

Tabel 4.7 geeft een overzicht van de op de diverse locaties aangetroffen gemiddelde treinlengten uitgedrukt in het aantal draaistellen.

Tabel 4.8 geeft een overzicht van de gemiddelde passeersnelheden bij de basismeetpunten. In Bilthoven, Oisterwijk en Olst, waar vereenvoudigde metingen zijn uitgevoerd, zijn geen passeersnelheden gemeten.

Basismeetpunten

LAeq: In tabel 4.9 worden de op de basismeetpunten gemeten equivalente geluidniveaus met elkaar vergeleken.

De verschillen in LAeq op de basismeetpunten hangen zeer nauw samen met het aantal passerende draaistellen. Het LAeq(24h) op de plaats met het grootste aantal passerende draaistellen per 24 uur (Best, 5858 draaistellen, LAeq 70 dB(A)) is 10 dB(A) hoger dan het LAeq(24h) op de plaats met het kleinste aantal passerende draaistellen per 24 uur (Olst, 840 draaistellen, LAeq 60 dB(A)). Op grond van het aantal passerende draaistellen is een verschil van $10 \lg 5858/840 = 8 \text{ dB(A)}$ te verwachten.

Etmaalwaarde: Uit tabel 4.9 blijkt dat het verschil tussen de hoogste en de laagste etmaalwaarde voor het LAeq op de basismeetpunten 12 dB(A) is.

De hoogste etmaalwaarde is gevonden in Best (79 dB(A)), de laagste in Olst (67 dB(A)).

In Olst en in Rijswijk is de avondwaarde bepalend voor de etmaalwaarde, in alle andere locaties de nachtwaarde.

Tabel 4.9 laat zien dat in de locaties Best, Rijen, Bilthoven, Oisterwijk en Twello de geluidbelasting in de nachturen, die in deze locaties bepalend was voor de etmaalwaarde, in belangrijke mate werd veroorzaakt door het goederenverkeer.

LAm_{ax}: Tabel 4.10 geeft de gemiddelde maximale niveaus (gemiddeld per dag) op de basismeetpunten. Het gemiddelde maximale niveau was het hoogst in Nijkerk (88 dB(A)) en het laagst in Olst (80 dB(A)). Eén van de belangrijkste factoren die het maximale niveau beïnvloeden is de passeersnelheid. In Nijkerk was de gemiddelde passeersnelheid van reizigerstreinen 112 km/h, in Wormerveer 85 km/h. In Olst, waar de passeersnelheden ook vrij laag waren, Bilthoven en Oisterwijk zijn geen snelheden gemeten.

TG60: In Best was op het basismeetpunt het treingeluidniveau 6160 s per 24 uur hoger dan 60 dB(A); in Rijswijk was dit 6342 s (respectievelijk 7,1% en 7,3% van de tijd).

In Twello (langs de minst drukke lijn, in Olst, is geen TG60 gemeten) was TG60 per 24 uur op het basismeetpunt 2276 s (2,6% van de tijd).

Tabel 4.6: Overzicht samenstelling treinverkeer

locatie	alle treinen								goederentreinen							
	aantal treinen				aantal draaistellen				aantal treinen				aantal draaistellen			
	dag	avond	nacht	24 uur	dag	avond	nacht	24 uur	dag	avond	nacht	24 uur	dag	avond	nacht	24 uur
1. Best	175	67	59	301	2774	1256	1828	5858	21	14	26	61	1214	724	1564	3502
2. Rijen	114	48	41	203	1417	666	1048	3131	13	13	20	46	438	401	928	1767
3. Bilthoven	145	44	41	230	1620	534	1059	3213	8	3	15	26	387	165	825	1377
4. Nijkerk	103	32	24	159	1123	349	361	1833	4	2	12	18	74	38	232	344
5. Oisterwijk	69	30	34	133	1260	640	1012	2912	18	10	21	49	750	440	882	2072
6. Olst	52	24	14	90	409	265	166	840	2	7	5	14	40	140	100	280
7. Rijswijk	231	67	34	332	2107	602	357	3066	6	2	5	13	172	68	126	366
8. Twello	65	27	18	110	1358	498	574	2430	15	5	9	29	758	234	466	1458
9. Wormerveer	105	32	22	159	852	323	267	1442	7	4	4	15	308	168	168	644

Tabel 4.7: De tijdens de meetperioden aangetroffen gemiddelde
treinlengten uitgedrukt in aantal draaistellen

locatie	gemiddeld aantal draaistellen of assen per trein *	
	reizigerstreinen	goederentreinen
Best	9,8	57
Rijen	8,7	38
Bilthoven	9,0	53
Nijkerk	10,6	19
Oisterwijk	10	42
Olst	7,4	20
Rijswijk	8,4	28
Twello	12,0	50
Wormerveer	5,5	39
Gemiddeld	9,0	38

* bij goederentreinen is geen onderscheid gemaakt
tussen assen of draaistellen.

Tabel 4.8: Gemiddelde passeersnelheden voor drie categorieën treinen, in km/uur

locatie	doorgaande reizigers-treinen	reizigerstreinen die in de desbetreffende plaats stoppen	goederentreinen
1. Best Noord	125	88	79
Best Zuid	127	108	81
2. Rijen Noord	112	75	72
Rijen Zuid	116	58	63
3. Bilthoven	niet gemeten
4. Nijkerk	134	92	88
5. Oisterwijk	niet gemeten
6. Olst	niet gemeten
7. Rijswijk	116	110	89
8. Twello Noord	108	-	69
Twello Zuid	120	-	80
9. Wormerveer	-	85	52
Totaal	119	85	74

Gemiddelde voor alle treinen: 97 km/uur.

Tabel 4.9: Equivalent geluidniveau LAeq in dB(A) ten gevolge van het treinverkeer gemeten op de basismmeetpunten

Locatie	equivalent geluidniveau L_{Aeq} , in dB(A)									
	alle treinen					goederentreinen				
	dag	avond	nacht	24 uur	etmaal	dag	avond	nacht	24 uur	etmaal
1. Best	70	71	69	70	79	65	68	68	67	78
2. Rijen	66	67	66	66	76	60	65	65	63	75
3. Bilthoven	70	69	68	69	78	61	62	66	63	76
4. Nijkerk	68	68	64	67	74	55	56	61	58	71
5. Oisterwijk	63	64	62	63	72	59	61	61	60	71
6. Olst	60	62	56	60	67	48	58	54	54	64
7. Rijswijk	68	68	62	67	73	57	58	57	57	67
8. Twello	65	66	62	65	72	62	62	61	62	71
9. Wormerveer	62	63	59	62	69	57	59	56	57	66

Tabel 4.10: Gemiddeld maximum geluidniveau L_{Amax} in dB(A) tijdens het passeren van een trein op de basismeetpunten

locatie	gemiddeld maximum geluidniveau L_{Amax} , in dB(A)	
	alle treinen	goederentreinen
1. Best	86	86
2. Rijen	83	86
3. Bilthoven	86	84
4. Nijkerk	88	88
5. Oisterwijk	82	82
6. Olst	80	76
7. Rijswijk	85	86
8. Twello	85	86
9. Wormerveer	81	79

Achtergrondgeluidniveau

Het achtergrondgeluidniveau (LA95) is gemeten op het basismmeetpunt. Over een etmaal gemeten loopt het achtergrondgeluidniveau uiteen van 38 dB(A) in Best tot 44 dB(A) in Wormerveer. Interessant is de observatie dat de ontwikkeling van het achtergrondgeluidniveau over het etmaal sterk verschilt van locatie tot locatie. Zo is in Wormerveer het verschil tussen de achtergrondgeluidniveau's overdag en 's nachts niet meer dan 4 dB(A), terwijl dit verschil in Best en Bilthoven oploopt tot 16 dB(A). Dit leidt in het bijzonder in de nacht tot aanzienlijke verschillen tussen de locaties (zie tabel 4.11).

Tabel 4.11: Achtergrondgeluidniveau LA95, in dB(A)

	overdag	's avonds	's nachts	etmaal
Rijen	49	42	36	42
Best	45	41	29	38
Oisterwijk	46	39	38	41
Bilthoven	47	46	31	41
Wormerveer	46	43	42	44
Rijswijk	48	40	35	41
Nijkerk	46	46	33	41
Olst	40	37	33	37
Twello	46	38	34	39

4.4. EVALUATIE VAN DE ONDERZOEKOPZET

Wanneer de oorspronkelijke onderzoekopzet wordt geëvalueerd tegen de samenstelling van de steekproef, zowel wat betreft de enquêtegegevens als wat betreft de meetgegevens, moet worden geconcludeerd dat deze opzet voor een analyse van de resultaten niet goed bruikbaar is. Uit de enquêtegegevens blijkt dat de cellen onderlinge verschillen vertonen op variabelen als leeftijd, gezinsgrootte, opleiding en sociale klasse. Van deze variabelen is bekend dat zij de hinderbeleving kunnen beïnvloeden. Mogelijke verschillen tussen de cellen kunnen daardoor niet meer uitsluitend aan de samenstelling van het railverkeer en de daarmee samenhangende geluidssituatie worden toegeschreven. Uit de meetgegevens blijkt dat grenzen tussen de cellen niet scherp te trekken zijn (zie figuur 4.1). Alleen een herindeling van de locaties zou zinvolle, in zich homogene en zich duidelijk onderscheidende van andere, nieuwe cellen opleveren (zie figuur 4.2). In dat geval bevat elke cel echter te weinig respondenten en blijven de verschillen uit de enquêtegegevens. Deze problemen overziend en constaterend dat de samenstelling van de totale steekproef redelijk gelijk is aan die van de Nederlandse bevolking en dat er in ieder geval een redelijke spreiding bereikt is over drukke en minder drukke lijnen, is besloten de analyses uit te voeren over de gehele steekproef en het tegen elkaar afzetten van cel-

GOEDERENTREINEN

	drukke lijn	stille lijn
	Rijen 157/46	Bilthoven 204/26
drukke lijn	Best 240/61(A)	Wormerveer 144/15(B)
	Oisterwijk 84/49	Rijswijk 319/13
REIZIGERSTREINEN		
		Nijkerk 141/18
stille lijn		Olst 76/14(C)
		Twello 81/29

Figuur 4.1: De werkelijke samenstelling van het railverkeer in de cellen. 240/61 wil zeggen dat er per etmaal 240 reizigerstreinen en 61 goederentreinen passeren.

GOEDERENTREINEN

	drukke lijn	stille lijn
	Best 240/61	Rijswijk 319/13
drukke lijn		Bilthoven 204/26
REIZIGERSTREINEN		
	Rijen 157/46	Wormerveer 144/15
		Nijkerk 141/18
stille lijn	Oisterwijk 84/49	Olst 76/14
		Twello 81/29

Figuur 4.2: Benodigde herverdeling om tot homogene cellen te komen. 240/61 wil zeggen dat er per etmaal 240 reizigerstreinen en 61 goederentreinen passeren.

len te laten vervallen. De steekproef wijkt slechts op drie variabelen af van de samenstelling van de Nederlandse bevolking: leeftijd, gezinsgrootte en geslacht. Van de laatste variabele is bekend dat deze weinig invloed heeft op het ervaren van geluid.

4.5. RAILVERKEERSGELUID

De parameters die de geluidbelasting (geluidimmissie) bepalen zijn de geluidemissie en de geluidoverdracht.

De geluidemissie wordt bepaald door de intensiteit, de samenstelling en het gedrag (de snelheid) van het treinverkeer, terwijl ook de baanconstructie (bijvoorbeeld de aanwezigheid van wissels) een rol speelt.

Verschillen in geluidbelasting veroorzaakt door verschillen in geluidemissie kunnen het beste beoordeeld worden aan de hand van (a) gegevens over het treinverkeer, en (b) meetresultaten op basismeetpunten. Beide soorten gegevens zijn al aan de orde geweest in de vorige paragraaf, waarin de verschillende onderzoekslocaties werden vergeleken.

De geluidoverdracht wordt in belangrijke mate bepaald door de afstand tussen de woningen en de spoorlijn en de mate waarin de woningen door bijvoorbeeld andere woningen zijn afgeschermd. In het vorige hoofdstuk zijn ook gegevens te vinden over de afstand van de woningen tot de spoorlijn.

Deze paragraaf behandelt geluidimmissiegegevens, waarbij geen onderscheid meer wordt gemaakt tussen de locaties.

Gevonden waarden

In tabel 4.12 zijn voor verschillende geluidindicatoren gemiddelde waarden gegeven; tevens zijn de aangetroffen minimale en maximale waarden vermeld.

De tabel is beperkt tot 21 van de 468 geluidindicatoren. We zijn uitgegaan van één belangrijke geluidindicator, het LAeq(24h) gemeten bij het meest belaste geveldeel, en hebben in de tabel alle indicatoren opgenomen die op één dimensie van de genoemde indicator verschillen. Die dimensies zijn: de geluidmaat, de meetperiode, het type treinen of de meetpositie (zie paragraaf 3.2).

Aan de geluidindicatoren in tabel 4.12 zijn twee niet-auditieve dosisvariabelen toegevoegd, die resp. te maken hebben met de geluidemissie en de geluidoverdracht: het aantal treinen gedurende 24 uur en de afstand van de woning tot de spoorlijn.

Het verband tussen de verschillende geluidindicatoren

Voor het onderzoek is het verband tussen de verschillende geluidindicatoren belangrijker dan de absolute waarden. In tabel 4.12 worden daarom niet alleen minimale, maximale en gemiddelde waarden

vermeld, maar ook de correlatiecoëfficiënten (*) tussen de verschillende indicatoren en de indicator die in de tabel centraal staat: het LAeq(24h) gemeten bij het meest belaste geveldeel.

Uit de tabel blijkt dat het in de onderzochte locaties het weinig uitmaakte welke meetperiode men koos en dat het evenmin veel uitmaakte wanneer men zich bij de metingen tot een bepaald treintype beperkte. Hierbij moeten we bedenken dat veel "meetgegevens" door interpolatie tot stand zijn gekomen.

Wanneer we zeggen dat een beperking tot een bepaalde meetperiode of tot een bepaald type treinen weinig invloed had, bedoelen wij natuurlijk niet dat we in alle gevallen dezelfde dB(A)-waarden vonden, maar dat woningen die volgens het ene criterium zwaar belast

Tabel 4.12: Gegevens over 23 dosisvariabelen: (a) gemiddelde (b) minimum (c) maximum (d) correlatie met het LAeq(24h), gemeten bij het meest belaste geveldeel

	(a)	(b)	(c)	(d)
LAeq-dag meest belaste geveldeel	54	38	68	1,00
LAeq-avond meest belaste geveldeel	55	39	70	1,00
LAeq-nacht meest belaste geveldeel	52	34	70	0,98
LAeq-etmaal meest belaste geveldeel	62	45	80	0,99
LAeq(24h) woonkamer (raam dicht)	23	0	41	0,90
LAeq(24h) woonkamer (raam open)	29	5	53	0,88
LAeq(24h) slaapkamer (raam dicht)	24	0	48	0,58
LAeq(24h) slaapkamer (raam open)	29	5	53	0,62
LAeq(24h) voorzijde 1.5 m	48	29	68	0,83
LAeq(24h) voorzijde 4.5 m	49	32	69	0,82
LAeq(24h) achterzijde 1.5 m	46	26	64	0,65
LAeq(24h) achterzijde 4.5 m	49	30	66	0,69
LAeq(24h) meest belaste zijde 1.5 m	51	32	68	0,97
LAeq(24h) meest belaste geveldeel	54	38	69	-
LAeq(24h) minst belaste geveldeel	42	26	62	0,76
LAeq(24h) minst belaste zijde 4.5 m	45	30	63	0,71
LAeq(24h) meest bel.g.: reizigerstrein	52	36	66	0,99
LAeq(24h) meest bel.g.: goederentrein	49	32	68	0,96
LAmx(24h) meest belaste geveldeel	71	48	87	0,95
NG60(24h) meest belaste geveldeel	167	0	332	0,72
TG60(24h) meest belaste g. (n=54)	3953	836	9185	0,65
aantal treinen gedurende 24 uur	191	90	332	0,33
afstand van de woning tot de spoorlijn	73	20	190	-0,68

(*) De (Pearson)correlatiecoëfficiënt (symbool r) is een maat die aangeeft hoe sterk twee variabelen samenhangen. De correlatiecoëfficiënt varieert van -1 tot +1. Een correlatiecoëfficiënt van 1 duidt op een perfecte samenhang in de zin dat een constante toename in de ene variabele gepaard gaat met een constante toename in de andere variabele. Ook een correlatiecoëfficiënt van -1 duidt op een perfecte samenhang, maar nu gaat een hogere score op de ene variabele gepaard met een lagere score op de andere. Als er geen samenhang bestaat tussen twee variabelen is de correlatiecoëfficiënt 0.

waren, dat ook waren bij een ander criterium.

Uit tabel 4.12 blijkt dat het veel meer consequenties heeft wanneer men de meetpositie of de geluidmaat verandert. Verder is uit de tabel eenvoudig af te leiden dat de etmaalwaarde, althans voor dit onderzoek, gevonden kan worden door bij het LAeq(24h) 8 dB(A) op te tellen. De correlatie is immers 0,99 en het gemiddelde verschil is af te leiden door uit de tabel uit de dag-, avond- en nachtgemiddelden de 24-uursgemiddelden te berekenen.

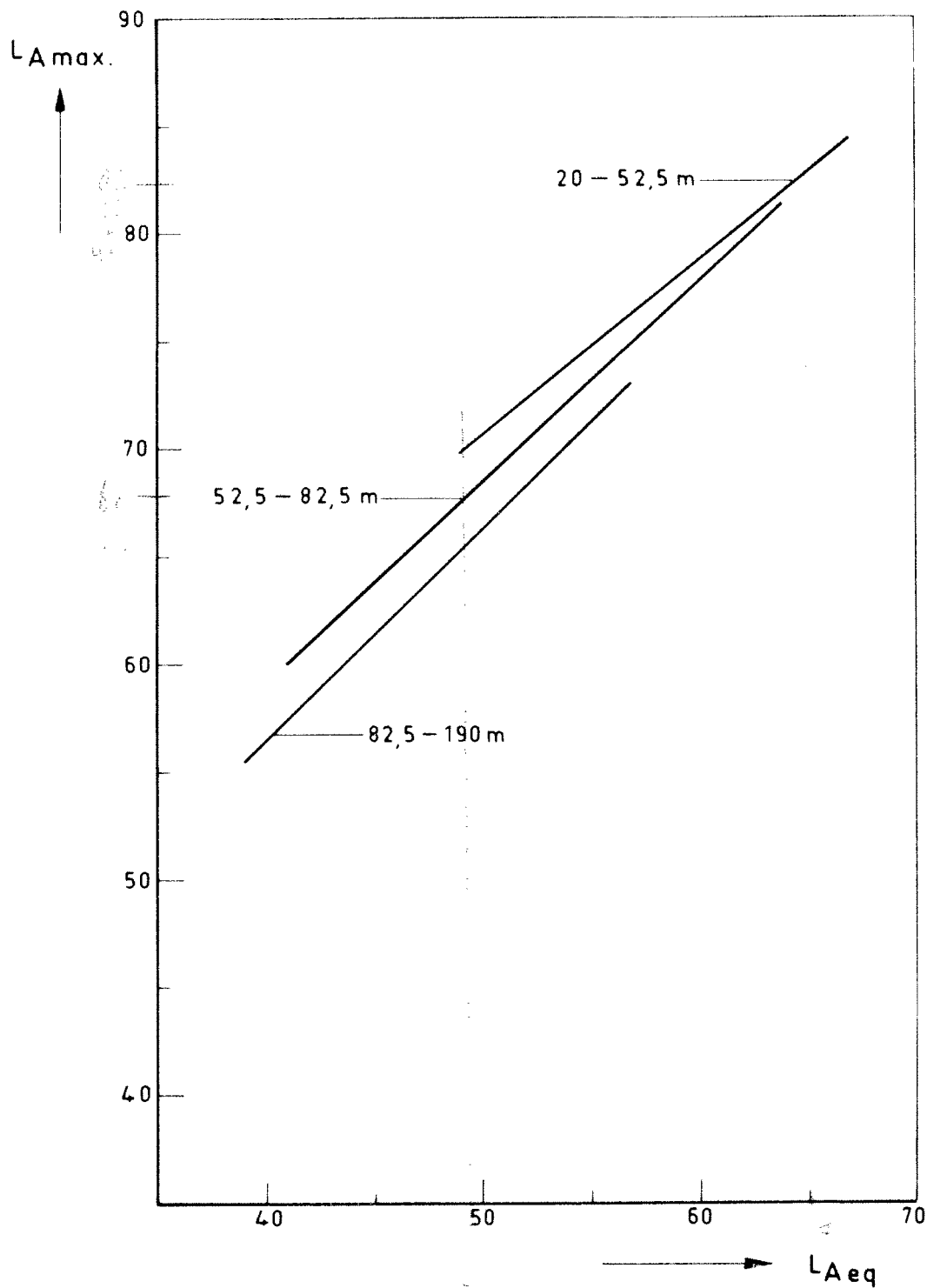
We kunnen met betrekking tot de meetposities nog wat informatie geven die niet uit de tabel te halen is:

- Voor de binnenmetingen is de raampositie van weinig betekenis. In het geval van de woonkamer is de correlatie tussen het LAeq met gesloten ramen en het LAeq met een raam in ventilatiepositie zeer hoog: $r=0,98$. Hetzelfde geldt voor de slaapkamer: $r=0,98$.
- Voor de buitenmetingen is de meethoogte niet echt belangrijk. De volgende correlaties gelden tussen de metingen op hooggelegen en de metingen op lage punten: $r=0,97$ (voorzijde), $r=0,95$ (achterzijde), $r=0,97$ (meest belaste zijde) en $r=0,92$ (minst belaste zijde).
- De keuze van de meetplaats (de zijde van de woning of de kamer binnen de woning) is zeer belangrijk (zie tabel 4.12).

In het voorgaande zijn verbanden gelegd tussen steeds twee dosisvariabelen. Er zou natuurlijk nog veel meer te zeggen zijn over de verbanden tussen de verschillende variabelen, vooral als we de relaties tussen meer variabelen bekijken.

In hoofdstuk 8 zal het verband tussen de afstand woning-spoorlijn, het aantal treinen en het equivalente geluidniveau worden besproken.

Dit hoofdstuk sluiten we af met figuur 4.3, waarin het verband tussen de afstand woning-spoorlijn, het gemiddelde maximale niveau en het equivalente geluidniveau wordt weergegeven. Zoals te verwachten is, blijkt het verschil tussen L_{max} en LAeq groter te zijn naarmate de afstand tot de spoorlijn kleiner is.



Figuur 4.3: Het verband tussen LAeq en LAmax in dB(A) bij drie verschillende afstanden (geluidmetingen: 24 uur, alle treinen, meest belaste geveldeel): regressierechten.

5. NEGATIEVE EFFECTEN VAN TREINGELUID

5.1. INLEIDING

In bijlage 1 zijn de resultaten van de enquête voor afzonderlijke vragen vermeld. Een groot gedeelte van de vragen was bedoeld om te achterhalen in welke mate de ondervraagde personen gehinderd werden en hoe die hinder zich manifesteerde. In dit hoofdstuk worden de resultaten voor deze vragen kort besproken, om zo een indruk te geven van de wijze waarop men spoorweggeluid beleeft.

5.2. NEGATIEVE EFFECTEN VAN TREINGELUID

Eerder zijn vier groepen effecten beschreven; bij de bespreking van de resultaten zullen we uitgaan van deze indeling. De responsvariabelen waren dus als volgt ingedeeld:

1. Waarneming van het geluid
De eerste groep van variabelen heeft te maken met het opmerken van de geluidbron, onafhankelijk van de evaluatie ervan.
2. Verstoringen door de geluidbron
Verstoringen hebben te maken met (a) hinder bij bepaalde activiteiten, (b) specifieke reacties als schrikken of nerveus worden, (c) extra-auditieve effecten van de geluidbron.
3. Hinder en een negatieve houding tegenover de geluidbron
Deze variabelen hebben te maken met (a) het ontstaan van een negatieve houding tegenover het door de bron veroorzaakte geluid of van een gevoel van onbehagen ten gevolge van dit geluid, (b) het onaanvaardbaar gaan achten van het geluid, (c) het ontstaan van een negatieve houding tegenover de geluidbron in het algemeen.
4. Maatregelen tegen het geluid
De vierde groep variabelen heeft te maken met het plannen of uitvoeren van maatregelen tegen het spoorweggeluid, van aanpassingen van het gedrag (ramen dichthouden e.d.) tot verhuizen.

(1) Waarneming van het spoorweggeluid

In het vraaggesprek werd gevraagd welke geluiden in de omgeving te horen zijn. Dit was een "open vraag" (dat wil zeggen dat er geen antwoordcategorieën werden gegeven waaruit de respondenten konden kiezen), zodat men met deze vraag kon achterhalen hoeveel mensen bij "lawaaï" spontaan aan de langskomende treinen dachten (de vraag werd gesteld voordat het treingeluid aan de orde was gesteld; als onderwerp van de enquête was de "woonomstandigheden" genoemd). Op dit punt in het gesprek noemt 61 procent spontaan het geluid van treinen. Wanneer vervolgens over een aantal met name genoemde geluiden wordt gevraagd hoe vaak men ze - in de woonomgeving - hoort, stelt 56 procent dat dit voor treinen vaak het geval is, 29 procent soms en 15 procent zelden. Geen van de ondervraagden zegt "nooit"

treingeluid te horen. Ter vergelijking: geluiden van wegverkeer worden door 41 procent van de respondenten "vaak" gehoord, geluiden van vliegtuigen door 27 procent, geluiden van de burens door 19 procent.

(2) Storingen door de spoorlijn

Het is zinvol een aantal verstoringen over de gehele steekproef te bekijken, los van de dosisgegevens. Dit geeft een indruk van het belang van deze verstoringen voor het tot stand komen van de hinder (verstoringen vormen de cognitieve basis van hinder). Daarnaast stelt het ons in de gelegenheid de gevolgen van verschillen in vraagstelling voor de antwoordpatronen te bestuderen.

Het trillen van de woning neemt bij spoorlijnen een bijzondere plaats in. 60 Procent van de respondenten ervaart wel eens dat het huis trilt door treinen (vr. 63) en hetzelfde percentage ervaart dit als een nadeel van het wonen bij een spoorlijn (vr. 32). Dit percentage is erg hoog.

Na het trillen van de woning volgt storing bij verschillende communicatievormen (kijken naar de tv (vr. 47 t/m 49, 72), voeren van een (telefoon)gesprek (vr. 53, 54, 66, 72) en luisteren naar de radio (vr. 50 t/m 52, 72). Rust en slaap (vr. 59, 60, 72) en ook geconcentreerd bezig zijn (vr. 57, 58, 68, 72) zoals lezen (vr. 55, 56, 67) worden verstoord door het geluid van de spoorlijn. Schrikreacties komen weinig voor (vr. 40, 61, 62, 72). Als nadeel van het wonen bij een spoorlijn noemt 7 procent van de respondenten spontaan (!) dat het onveilig is voor de kinderen (vr.26).

Hieronder is een overzicht gegeven van verschillende hierboven genoemde reacties, op verschillende vraagstellingen. Het genoemde percentage is het percentage van het totale aantal respondenten dat zodanig reageert op onderstaande vragen dat blijkt dat er storing optreedt.

Trilt uw huis wel eens door het lawaai van treinen? (vr 63)	60
Een nadeel van het wonen bij een spoorlijn is, dat ons huis af en toe trilt (vr 32)	60

Als u naar de tv kijkt, stoort het geluid van de trein u dan als u het raam open heeft? (vr. 47 + 48)	29
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan bij het kijken naar de tv gestoord? (vr. 49)	24
Wanneer er een trein passeert trilt het tv-beeld (vr 72)	20
Wanneer er een trein passeert kan ik de tv niet goed verstaan (vr. 72)	25

Wordt u wel eens door treinen bij een gesprek gestoord als u het raam open heeft? (vr. 53)	28
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan door treinen bij een gesprek gestoord? (vr. 54)	20
Als u buiten zit, hoe vaak wordt u dan door treinen bij een gesprek gestoord? (vr. 66)	44
Wanneer er een trein passeert moet ik een gesprek onderbreken (vr. 72)	28

Als u naar de radio luistert, stoort het geluid van de trein

u dan als u het raam open heeft? (vr. 50 + 51)	22
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan bij het luisteren naar de radio gestoord? (vr. 52)	17
Ook wanneer er een trein passeert kan ik de radio goed horen (vr. 72)	26
Wanneer ik aan het telefoneren ben moet ik even het gesprek onderbreken als er een trein langskomt (vr. 72)	16
Wordt u wel eens door treinen gestoord bij rusten of slapen als u het raam open heeft? (vr. 59)	21
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan door treinen gestoord bij rusten of slapen? (vr. 60)	17
Ik kom 's nachts door passerende treinen moeilijk in slaap (vr. 72)	9
Ik word 's nachts wakker als er een trein langskomt (vr. 72)	8
Als ik overdag wil rusten stoort het geluid van de trein me (vr. 72)	12
Wat is er de oorzaak van dat u erg slecht/slecht/tamelijk slecht slaapt? (vr. 18) Genoemd: spoorweglawaai:	2
Als u het raam open heeft, wordt u dan wel eens door treinen gestoord als u ingespannen bezig bent? (vr. 57)	10
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan door treinen gestoord als u ingespannen bezig bent? (vr. 58)	7
En als u buiten ingespannen bezig bent, hoe vaak wordt u daarbij door treinen gestoord? (vr. 68)	18
Als ik ingespannen bezig ben word ik gestoord door passerende treinen (vr. 72)	10
Wordt u wel eens door treinen bij het lezen gestoord als u het raam open heeft? (vr. 55)	7
En als u het raam dicht heeft, hoe vaak wordt u dan door treinen bij het lezen gestoord? (vr. 56)	4
En als u buiten zit te lezen, hoe vaak wordt u daarbij dan door treinen gestoord? (vr. 67)	22
Als u het raam open heeft, schrikt u dan wel eens of wordt u wel eens bang als u een trein hoort? (vr. 61)	
En als u het raam dicht heeft, schrikt u dan wel eens of wordt u wel eens bang als u een trein hoort? (vr. 62)	2
Ik schrik wel eens als er een trein langskomt (vr. 72)	9

(3) Hinder en een negatieve houding tegenover het spoor

Wanneer in het begin van het interview wordt gevraagd naar de prettige en onprettige kanten van het wonen, noemt 13 procent spoorweglawaai als onplezierige kant. Ter vergelijking: wegverkeerslawaai wordt door 8 procent, vliegtuiglawaai door 6 procent van de respondenten genoemd als onplezierig woonaspect. Daar staat tegenover dat 30 procent als plezierige kant de rustige omgeving noemt. Wanneer er verder in het gesprek een aantal geluiden expliciet aan de orde wordt gesteld (zie ook (1)), stelt 19 procent gehinderd te worden (in elke mate van een beetje tot sterk) door treinen. Ter vergelijking: 38 procent wordt gehinderd door geluiden van vliegtuigen, 21 procent door geluiden van wegverkeer en 18 procent door geluiden van burens. Voor 24 procent van de respondenten is het geluid van

vliegtuigen het geluid dat men het liefste kwijt is. Voor treingeluid is dit 13 procent, voor burenen 12 procent en voor wegverkeer 5 procent.

Conclusie: hoewel het geluid van treinen in elke locatie het dominante geluid is, veroorzaken vliegtuigen meer hinder dan treinen, en wegverkeer en burenen ongeveer evenveel hinder. Dit is een duidelijke indicatie voor de verhoudingsgewijs grote tolerantie ten opzichte van spoorweglawaai. Slechts 8 procent van de ondervraagden is dan ook ontevreden met het wonen bij een spoorlijn.

(4) Maatregelen tegen het spoorweggeluid

Isoleren. 25 Procent van de respondenten heeft aan zijn huis maatregelen getroffen tegen tocht, 9 procent tegen vocht en 6 procent tegen lawaai. Slechts 1 procent heeft speciaal tegen spoorweglawaai geïsoleerd. 2 Procent heeft het plan om op korte termijn extra isolerende maatregelen te treffen tegen lawaai, eveneens 2 procent tegen vocht en 7 procent tegen tocht.

Verhuizen. Een op de vijf respondenten zou liever ergens anders gaan wonen. Het streven naar een mooier huis en het hebben van een onplezierige verstandhouding met de huidige burenen zijn de belangrijkste motieven om te willen verhuizen. Voor 1 procent is het spoorweglawaai de belangrijkste drijfveer om te willen verhuizen. Voor alle respondenten die stellen dat zij liever ergens anders gaan wonen doet 2 procent daadwerkelijk pogingen om te verhuizen (nog geen half procent van de totale steekproef).

Indienen van een klacht. 2 Procent van de respondenten heeft ooit een klacht ingediend over het spoorweglawaai. Eveneens 2 procent denkt erover dit te doen.

Sluiten c.q. dichthouden van ramen. 17 Procent van de respondenten stelt dat het spoorweglawaai het niet mogelijk maakt om ramen te openen.

5.3. VERSCHILLENDE SOORTEN SPOORWEGGELUIDEN

De meest gehoorde geluiden van de spoorlijn zijn de geluiden van passerende reizigers- en goederentreinen. Ook signalen worden regelmatig gehoord. Geluiden van wissels, rangeren, passeren van brug of viaduct en door een bocht gaan worden in de door ons beschouwde locaties niet of nauwelijks gehoord, waaruit blijkt dat op dit punt de geselecteerde locaties goed voldoen (zie paragraaf 1.3). De geluiden van goederentreinen en van werkzaamheden aan de lijn veroorzaken de meeste hinder. Daarna volgen signalen (van treinen, niet van een overweg), olie- en VAM-treinen. De overige afzonderlijke geluiden veroorzaken stukken minder hinder. Het is saillant dat de geluiden die de meeste hinder veroorzaken zich vooral 's nachts voordoen (met uitzondering van de signalen, die over het gehele etmaal in gelijke mate voorkomen). In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de antwoordpatronen op de vragen 43, 44 en 45. Alleen voor het rijdende materieel is nog nagegaan of sommige

Tabel 5.1: Overzicht van de mate waarin afzonderlijke spoorweggeluiden gehoord worden, hinderlijk worden gevonden en van de periode(n) waarin deze geluiden zich vooral voordoen - in procenten van het totale aantal respondenten -

	vaak + soms (+ zelden) gehoord	gehinderd van een beetje tot erg	periode waarin het geluid zich vooral voordoet		
			dag	avond	nacht
gewone goederentreinen	69	24	7	10	14
het geven van signalen	63(83)	17	9	9	8
gewone reizigerstreinen	63(77)	9	7	6	2
VAM-treinen	41	13	4	3	7
werkzaamheden aan de lijn	38	23	1	3	20
olietreinen	36	14	5	4	8
posttreinen	33	6	3	2	2
internationale reizigers treinen	30	8	6	3	1
afremmen	23	7	4	3	3
locomotieven	16(32)	5	3	2	2
geluid van een overweg	16(28)	2	1	1	1
geluiden van rangeren	10	5	1	1	3
het passeren van wissels	3	2	-	-	-
het passeren van een brug of viaduct	2	0	-	-	-
door een bocht gaan	1	0	-	-	-

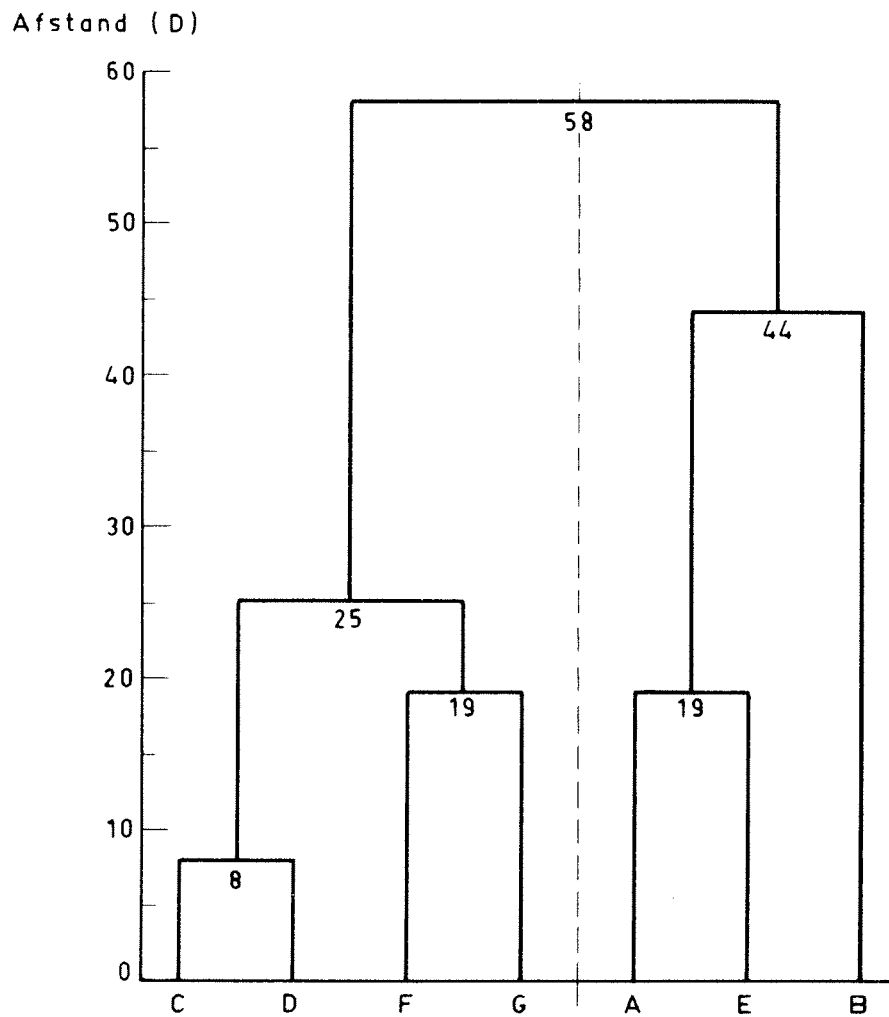
treintypen in termen van veroorzaakte hinder meer op elkaar gelijken dan andere. Daarom is de mogelijkheid nagegaan om treintypen te clusteren met het doel te komen tot een beperkt aantal groepen die intern coherent zijn en in termen van veroorzaakte hinder duidelijk verschillen van andere groepen.

Als clustertechniek is de "complete linkage algorithm" gebruikt. Het resultaat is weergegeven in figuur 5.1. De figuur is een zogenaamd dendrogram. Op de X-as worden de zeven typen rijdend materieel aangegeven. Zij zijn hiërarchisch geclusterd. De getallen geven de afstanden aan tussen twee typen in termen van hinder. Hoe hoger het getal, hoe groter de afstand.

De afstand $D = 100 (1 - r)$.

De correlatie tussen hinder door olietreinen en hinder door VAM-treinen is dus 0,92. Uit het dendrogram wordt duidelijk dat posttreinen, die functioneel goederentreinen zijn, in termen van hinder veel meer lijken op reizigers- dan op goederentreinen. Waar in dit rapport wordt gesproken over reizigerstreinen, worden reizigerstreinen plus posttreinen bedoeld. Uit de figuur blijkt dat de afzonderlijke typen kunnen worden samengenomen in primaire clusters en vervolgens in clusters van hogere orde, tot men alle treintypen

bij elkaar heeft. Om praktische redenen hanteren wij in dit rapport twee clusters (gescheiden door de onderbroken lijn) met de aanduiding "reizigerstreinen" en "goederentreinen". Deze beide clusters zijn redelijk homogeen en verschillen duidelijk van elkaar. De hinder is gemeten in vraag 44, alleen gesteld met betrekking tot geluiden die volgens de antwoorden op vraag 43 "vaak" of "soms" - dus min of meer regelmatig - gehoord worden.



Figuur 5.1: Dendrogram om treintypen te groeperen in hinderklassen. A= internationale reizigerstreinen, B= "normale" reizigerstreinen, C= olietreinen, D= VAM-treinen, E= posttreinen, F= "normale" goederentreinen, G= locomotieven.

5.4. RESPONSINDICES

In dit hoofdstuk is een indruk gegeven van allerlei mogelijke reacties op treingeluid. Wanneer specifiekere vragen gesteld worden, wanneer geluidhinder in verband gebracht wordt met de geluidbelasting of met sociaal-psychologische variabelen, is het niet steeds mogelijk zo gedetailleerd te werk te gaan.

Het aantal hinderindicatoren kan gereduceerd worden door een selectie te maken uit de bestaande responsvariabelen of door het construeren van indices waarin resultaten van verschillende vragen worden samengenomen. In het algemeen verdient het laatste de voorkeur, omdat zo minder informatie verloren gaat. Een kenmerk van een dergelijke index is dat niet elk item ten volle de index behoeft te representeren om toch een bijdrage te leveren aan een betere meting.

Algemene responsindices

In paragraaf 5.2 zijn vier aspecten van de geluidbeleving onderscheiden: de perceptie van het geluid, de algemene hinder, verstoringen door het geluid (meer specifieke hinder) en het overwegen van maatregelen tegen het geluid of het uitvoeren daarvan.

Om een globaal beeld te geven van de reacties op treingeluid zijn op basis van deze indeling vier indices geconstrueerd:

PERCEPTIE-INDEX: Deze index heeft te maken met het waarnemen van het treingeluid, afgezien van de evaluatie van dat geluid. De index geeft aan aan hoeveel van de volgende voorwaarden een respondent voldoet:

- A. de respondent noemt treingeluid als een geluid dat in de woonomgeving te horen is (vraag 34, open vraag),
- B. de respondent zegt "vaak" of "soms" in de woonomgeving treingeluid te horen (vraag 35, gesloten vraag),
- C. bij een vraag over verschillende spoorlijngeluiden zegt de respondent van minstens één van de typen reizigerstreinen deze "vaak" of "soms" te horen (vraag 43, item 2, 3, 7),
- D. idem, goederentreinen (vraag 43, item 5, 6, 8, 11),
- E. idem, bijzondere geluiden (vraag 43, overige items).

HINDERINDEX: Deze index beschrijft de mate waarin men zich in het algemeen gehinderd voelt door het treingeluid. De index geeft aan aan hoeveel van de volgende voorwaarden een respondent voldoet:

- A. de respondent noemt treingeluid als een onprettige kant van de woonomgeving (vraag 4/5, open vraag),
- B. de respondent is ontevreden over het wonen bij de spoorlijn (vraag 24),
- C. de respondent vindt de treingeluiden "net hinderlijk", "hinderlijk" of "erg hinderlijk" (vraag 35, item 3),
- D. treingeluid is het omgevingsgeluid dat de respondent het liefste kwijt zou zijn (vraag 39),
- E. bij een vraag over de verschillende spoorlijngeluiden zegt de respondent van minstens één van de typen reizigerstreinen dat deze "net hinderlijk", "hinderlijk" of "erg hinderlijk" zijn.

- (vraag 44: item 2, 3, 7),
F. idem, goederentreinen (vraag 44: item 5, 6, 8, 11),
G. idem, bijzondere geluiden (vraag 44: overige items).

STORINGSINDEX: In formulier E zijn de respondenten elf uitspraken voorgelegd over verstoringen ten gevolge van (het geluid van) het treinverkeer. De "storingsindex" geeft de gemiddelde score bij deze elf vragen aan ("helemaal mee eens" krijgt score 1, "helemaal mee oneens" score 0; bij item 3 andersom).

MAATREGELINDEX: Deze index geeft aan of men al dan niet één van de volgende maatregelen tegen het treingeluid genomen heeft of overweegt:

- A. geluidisolatie aanbrengen (vraag 14 en 16),
B. klacht indienen (vraag 70 en 71),
C. verhuizen (vraag 21).

Verstoringen: verschillende situaties

In plaats van de boven beschreven verstoringenindex is in eerdere Nederlandse onderzoeken de "Bitter-index" toegepast (onder de termen "specifieke hinder" of "gemiddelde relatieve hinderscore"). Voor deze index worden zeven vragen gesteld (afgezien van enkele inleidende vragen). De zeven vragen behelzen:

- A. gestoord worden bij het kijken naar de televisie,
B. gestoord worden bij het luisteren naar de radio,
C. gestoord worden bij het voeren van een gesprek,
D. gestoord worden bij ingespannen bezig zijn,
E. gestoord worden bij rusten of slapen,
F. schrikken of bang zijn,
G. trillen van de woning.

Ook in dit onderzoek worden de vragen van de Bitter-index gesteld, maar bij iedere vraag wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties: de ramen dicht en de ramen open. Daarom hebben we te maken met twee "Bitter-indices":

BITTER-INDEX (RAAM OPEN): vraag 48, 51, 53, 57, 59, 61 en 63.

BITTER-INDEX (RAAM GESLOTEN): vraag 49, 52, 54, 58, 60, 62 en (ook) 63.

De mogelijke antwoordcategorieën van A t/m E zijn bij "gesloten ramen": vaak, soms, zelden, nooit en voor F en G: ja en neen. Bij "open ramen" zijn de antwoordmogelijkheden altijd ja en neen.

De resultaten worden gedichotomiseerd en voor iedere respondent wordt het aantal "positieve" antwoorden (de antwoorden die wijzen op storingsindex, dus de eerste twee categorieën van "vaak, soms, zelden, nooit" of het antwoord "ja") geteld. De score per persoon kan lopen van 0 tot 7. Personen die zelden of nooit naar de televisie kijken of naar de radio luisteren komen maximaal tot 6, personen die beide zelden of nooit doen, maximaal tot 5.

Vervolgens is deze individuele score genormaliseerd, dat wil zeggen herleid tot een getal tussen 0 en 1.

Verstoringsen: verschillende vormen

We kunnen vijf belangrijke groepen verstoringen ten gevolge van geluidbronnen onderscheiden: communicatieverstoringen, concentratieverstoring, verstoring van rust en slaap, trillingshinder en niet-auditieve hinder.

De vijf vormen van verstoringen kunnen afzonderlijk beoordeeld worden aan de hand van vijf indices, die eenvoudig zijn samengesteld door de resultaten van alle vragen over deze onderwerpen samen te vatten.

Omdat bij die vragen verschillende aantallen antwoordcategorieën voorkomen (ja/nee-vragen, sterkteschalen met zeven punten, enz.) werden - net als bij de Bitter-index - de resultaten eerst gedichotomiseerd, vervolgens werd het aantal vragen geteld waarbij de respondent "positief" scoorde (blijk gaf van storing). Een "neutraal" antwoord (score 4 op een sterkteschaal van 1 t/m 7) werd daarbij als "negatief" opgevat.

COMMUNICATIEVERSTORING (INDEX): vraag 48, 49, 51, 52, 53, 54, 66 en formulier E item 3, 5, 7, 10.

CONCENTRATIEVERSTORING (INDEX): vraag 55, 56, 57, 58, 67, 68 en formulier E item 2.

RUST- EN SLAAPVERSTORING (INDEX): vraag 18 (railverkeer oorzaak van slecht slapen), vraag 26 (slaapverstoring nadeel van wonen bij de spoorlijn), vraag 40 (railverkeer onprettigste geluid wegens slaapverstoring), vraag 59, 60, 61, 62, en formulier E: item 4, 6, 9, 11.

TRILLINGEN (INDEX): vraag 26 (trilling), 26 (trilling huis), 40 (trilling), 40 (trilling ramen), 63, 64, formulier C: item 12.

NIET-AUDITIEVE HINDER (INDEX): Deze index is nogal heterogeen. Het gaat om de onveiligheid van het spoor in verband met kinderen (formulier C item 1), vervuiling ten gevolge van het treinverkeer (formulier C item 4), het feit dat de spoorlijn een barrière vormt (vraag 26), en het veroorzaken van beeldstoring bij de televisie (formulier E item 1).

Normalisering van de indices

Om praktische redenen wordt bij alle indices de minimale score (geen hinder etc.) aangegeven met een 0, de maximale score met een 1.

Met nadruk willen we echter zeggen dat de scores op de verschillende indices niet vergelijkbaar zijn: een score van 0,5 op de communicatie-index en van 0,4 op de concentratie-index houdt niet zonder meer in dat de communicatieverstoring ernstiger is dan de concentratieverstoring. De interpretatie van de scores hangt geheel af van de vragen waaruit de indices zijn opgebouwd.

5.5. CONCLUSIE

In alle onderzochte locaties is het geluid van treinen het dominante geluid (als fysisch gegeven). Dit komt ook tot uitdrukking in het waarnemen van het geluid: 56 procent van de respondenten zegt treinen "vaak" te horen, 41 procent wegverkeer, 27 procent vliegtuigen en 19 procent burens. Toch veroorzaken vliegtuigen meer hinder dan treinen, terwijl wegverkeer en burens ongeveer evenveel hinder veroorzaken als treinen. Dit is een duidelijke indicatie voor de verhoudingsgewijs grote tolerantie ten opzichte van spoorweglawaai. Deze tolerantie blijkt ook uit het feit dat vrijwel niemand enige maatregel heeft getroffen, of denkt te treffen, tegen het lawaai van treinen. De hinderlijkste elementen van het treinverkeer zijn de goederentreinen, werkzaamheden aan de lijn en het geven van signalen. De meest voorkomende en als negatief ervaren storing is het trillen van de woning, dat voornamelijk veroorzaakt wordt door goederentreinen en werkzaamheden aan de lijn. Na het trillen is vooral verstoring van de communicatie van belang.