

SCZ
M 63
(2)

H.M.E. MIEDEMA

L_{Aeq} - HINDER RELATIES VOOR OMGEVINGSGELUIDBRONNEN

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT
VOOR PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDZORG TNO
POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

In opdracht van het Ministerie voor Volkshuisvesting Ruim-
telijke Ordening en Milieubeheer

IBISSTAMPDEKNR.:
3664 / 000

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg
NIPG-TNO
Leiden
juni 1988

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC Leiden

Telefoon: 071 - 178 888

© 1988 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Publikatienummer 88035

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt, en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG-TNO.

INHOUD

	pag.
INLEIDING.....	1
1. A PRIORI VERWACHTING.....	2
2. GEBRUIKTE GEGEVENS EN BEWERKING L_{Aeq}	3
2.1 Civiel vliegverkeer.....	4
2.2 Snelwegverkeer.....	5
2.3 Overig wegverkeer.....	11
2.3.1 Het Arnhem onderzoek.....	11
2.3.2 Het Amsterdam-Den Haag-Rotterdam onderzoek	12
2.3.3 Het Amsterdam-Zwanenburg onderzoek.....	13
2.4 Treinverkeer.....	14
2.5 Tramverkeer.....	15
2.6 Industrie- en rangeerterreinen.....	16
2.6.1 Het onderzoek met drie typen lokaties.....	16
2.6.2 Het impulslawaai onderzoek.....	18
3. BEWERKING HINDER EN METHODE VOOR DOSIS-EFFECT ANALYSE	19
3.1 Cumulatieve proporties.....	22
3.2 Gelijke intervallen.....	23
3.3 Normaal verdeelde hinder.....	23
3.4 Correspondentie analyse met overlappende klassen	26
4. RESULTAAT VAN DE DOSIS-EFFECT ANALYSE.....	28
5. HET BEOORDELINGSSYSTEEM VOOR CUMULATIESITUATIES.....	35
6. CONCLUSIE - A PRIORI VERWACHT OPNIEUW BEZIEN.....	37
GERAADPLEEGDE LITERATUUR.....	39

INLEIDING

Het voorliggende rapport bevat een beoordelingssysteem voor situaties in de woonomgeving waar het omgevingsgeluid door meerdere bronnen wordt bepaald. Het systeem kan ook worden gebruikt bij de beoordeling van situaties met één bron. Met het beoordelingssysteem kan voor een situatie worden vastgesteld wat het wegverkeersgeluidniveau is, dat evenveel hinder zou veroorzaken als de desbetreffende situatie. Door toetsing van dit gelijkhinderlijke wegverkeersgeluidniveau aan bestaande criteria voor wegverkeersgeluid wordt indirect een toetsing voor de desbetreffende situatie uitgevoerd.

Voor een toepassing van het beoordelingssysteem moet men beschikken over de L_{Aeq} waarden voor de bronnen uit de te beoordelen situatie.

Het beoordelingssysteem is in algemene vorm eerder uiteengezet in Miedema (1987). De voorkomende coëfficiënten zijn daar nog niet ingevuld. Dit rapport bestaat voor een belangrijk deel uit een beschrijving van de wijze waarop deze coëfficiënten geschat zijn. Het gaat hierbij om: de hellingscoëfficiënten van de lineaire relatie tussen L_{Aeq} en de hinder, en de verschuivingscoëfficiënt die aangeeft welke waarde van het L_{Aeq} moet worden afgetrokken om de relatie door de oorsprong te laten lopen. Het gaat dus om waarden voor a en b in: $\text{hinder} = a(L_{Aeq}-b)$. De waarden voor a en b kunnen in principe per bron verschillen. In het vervolg wordt het verkorte L_{Aeq} gebruikt voor L_{Aeq} over 24 uur, een week of een jaar. Wat de bedoeling is blijkt uit de context.

1. A PRIORI VERWACHTING

De coëfficiënten zijn bepaald aan de hand van gegevens uit eerder uitgevoerde geluidhinderonderzoeken. Er zijn coëfficiënten gezocht voor de volgende bronnen:

A - civiel vliegverkeer	luchtver-
p.m.- militair vliegverkeer	keer
B - snelwegverkeer	
C - overig wegverkeer	
D - treinverkeer	grondverkeer
E - tramverkeer - geen impuls op tonaal geluid	
G - tramverkeer - impuls of tonaal geluid	
H - rangeerterreinen	
K - industrieterreinen - geen impuls	stationaire
L - industrieterreinen - impuls	bronnen

Op grond van a priori kennis kan een verwachting ten aanzien van de uitkomsten worden vastgelegd. De volgorde van bronnen, naar hinderlijkheid bij gelijk L_{Aeq} , is naar verwachting: (DE), C, (ABK), (GHL). De ordening is van minder naar meer hinder. Bronnen waartussen a priori geen onderscheid gemaakt wordt staan tussen haakjes.

Verder wordt verwacht dat de waarde voor de verschuivingscoëfficiënt b gelijk is voor alle bronnen die geen impuls geluid produceren: b_r . Voor bronnen die impuls geluid produceren wordt een lagere waarde, b_i , verwacht. Immers, bij eenzelfde L_{Aeq} waarde zijn de piekniveaus over de tijd voor impulslawaai hoger. Impulslawaai zal daarom reeds worden opgemerkt en hinder veroorzaken bij lagere L_{Aeq} waarden.

Als de coëfficiënten uit de onderhavige studie overeenstemmen met de verwachting, dan is er geen belemmering om er in de praktijk mee te werken. Wijken ze zeer sterk af van de verwachting dan vereist de afwijking een nadere beschouwing. Graduele afwijkingen leiden tot bijstelling van het à priori beeld.

2. GEBRUIKTE GEGEVENS EN BEWERKING L_{Aeq}

Het vaststellen van de best passende lineaire relatie tussen L_{Aeq} en hinder van een bron zou in principe een eenvoudige zaak zijn als altijd het L_{Aeq} en de hinder op dezelfde wijze bepaald waren. Dit is niet zo. Er is variatie in de L_{Aeq} bepaling met betrekking tot de volgende aspecten:

- de dag waarvoor het L_{Aeq} wordt bepaald. Er is in veel gevallen sprake van zowel fluctuaties binnen een week als van fluctuaties tussen seizoenen in de mate waarin bronnen geluid emitteren. Bij verkeer kunnen de aantallen passages per dag variëren en bij stationaire bronnen kunnen de bedrijfstijden variëren. Het L_{Aeq} zou voor hinderonderzoek over een jaar bepaald moeten worden. En wel voor het jaar voorafgaande aan de hindervaststelling.
- de correctie voor grond- en gevelreflecties. Voor hinderonderzoek moet worden gewerkt met het invallend geluid. Het resultaat van geluidmetingen kan echter mede bepaald zijn door genoemde reflecties;
- de hoogte waarvoor het geluidniveau is bepaald. Het geluidniveau is niet altijd voor dezelfde hoogte, bijvoorbeeld 1,5 m boven de vloer van de onderste verdieping van de woning van een respondent, bepaald;
- de weersituatie waarvoor het geluidniveau is bepaald. De weersituatie kan de emissie en overdracht van geluid beïnvloeden. Bij grondverkeer kan de emissie beïnvloed worden door een nat wegdek (hoger niveau) of natte rails (watersmering bij trams: lager niveau). Verder kan de overdracht worden beïnvloed door meteorologische omstandigheden. Deze invloed is groter naarmate de afstand tussen bron en respondent groter is. Idealiter zou in hinderonderzoek gewerkt moeten worden met een jaar L_{Aeq} waarin schommelingen ten gevolge van weersomstandigheden verwerkt zijn. Dit in com-

binatie met de eerder besproken variaties in frequentie van passages of duur van bedrijfstijd.

Er is variatie in de hinderbepaling met betrekking tot de volgende aspecten:

- de positie van de geluidhindervraag in de vragenlijst. In het bijzonder is hierbij van belang of de respondent door voorafgaande vragen reeds gefocussed is op geluidhinder of niet;
- de formulering van de hindervraag;
- de alternatieven waaruit een respondent kan kiezen om de mate van geluidhinder aan te geven. In het bijzonder is het verschil in het aantal alternatieven van belang.

Er is als volgt met bovenstaande complicaties omgegaan:

- door correcties of nieuwe berekening van het L_{Aeq} uit de basisgegevens is getracht de variatie in de wijze van L_{Aeq} bepaling te minimaliseren. In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van deze bewerkingen en wordt aangegeven op welke punten variatie blijft bestaan. Deze restvariatie is verder verwaarloosd;
- de invloed van positie en formulering is verwaarloosd;
- de antwoordalternatieven zijn deels samengevoegd. De daarbij gevolgde procedure wordt beschreven in hoofdstuk 3.

Na de aangeduide behandeling van de complicaties zijn de best passende rechte lijnen voor de relatie tussen L_{Aeq} en de geluidhinder vastgesteld. De gevolgde methode is beschreven in hoofdstuk 3, het resultaat in hoofdstuk 4.

2.1 Civiel vliegverkeer

Het L_{Aeq} voor vliegverkeer is bepaald door een combinatie van metingen aan de verschillende vliegtuigtypen en vluchtgegevens. Voor de verschillende vliegtuigtypen is vastgesteld welk geluid-niveau zij veroorzaakten. Hierbij zijn de respondenten in gebieden ingedeeld waarvan aangenomen werd dat de geluidbelasting erbinnen overal vrijwel gelijk was. Bij de meetwaarden zijn de grondreflecties inbegrepen. Omdat de bijdrage van de grondreflecties aan de meetwaarden niet constant was, maar onder andere afhing van de hoek tussen geluidpad en grond, is het niet mogelijk achteraf een correctie voor deze reflecties uit te voeren. In het gebruikte L_{Aeq} is dus, een waarschijnlijk geringe, bijdrage van grondreflecties meegenomen.

Voor de huidige studie zijn de meetgegevens gecombineerd met vluchtgegevens over één jaar. Het resulterende L_{Aeq} kan wat afwijken van het jaar L_{Aeq} omdat de invloed van de weerscondities niet verdisconteerd is.

De enquête is uitgevoerd in de herfst van 1984. Voor gegevens over hinder is gebruik gemaakt van vraag 27. Deze vraag had vier antwoordalternatieven. De respondenten waren bij die vraag reeds gefocussed op geluidhinder.

2.2 Snelwegverkeer

Er is gebruik gemaakt van een onderzoek dat is uitgevoerd in Dordrecht langs de A16 en in Amsterdam langs de A10 (Einsteinweg). Het veldwerk heeft plaatsgevonden in 1974 respectievelijk 1975. De onderzoeken voor de A10 en A16 waren in de hier belangrijke opzichten gelijk. Ze zijn hier tesamen als één onderzoek behandeld.

De geluidimmissies zijn opnieuw berekend volgens het Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaai (1981), en wel volgens de Standaardrekenmethode II. Het toepassingsgebied van de Standaardrekenmethode II is ruimer dan die van de Standaardrekenmethode I. Het overdrachtsmodel dat in de Standaardrekenmethode II wordt gehanteerd, met name het gedeelte betreffende de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde-stralenmodel bij meewindcondities. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief voor de situatie in een jaarperiode. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteo-gemiddeld' L_{Aeq} verkregen. Dit 'meteo-gemiddeld' slaat alleen op de windrichting. Overige weersomstandigheden die de emissie en overdracht kunnen beïnvloeden zijn voor het rekenmodel constant gehouden.

Ten behoeve van de berekeningen is een aantal invoergegevens noodzakelijk, te weten:

- geometrische gegevens, en
- verkeersgegevens.

Een deel van de geometrische gegevens (x en y coördinaten) zijn in de computer ingelezen van een plattegrond (schaal 1:2000) met behulp van een digitizer. Hoogten van gebouwen, wegen, schermen, waarneempunten e.d. werden met behulp van het toetsenbord ingevoerd evenals zogenaamde hard-zacht overgangen (bodem), reflectie-factoren (gevels) en profielcorrecties (schermen). Hard-zacht overgangen omgeven het gebied waarin de bodem of hard of zacht is.

Verkeersgegevens zijn voor Dordrecht ontleend aan "verkeerstellingen in 1974" en voor Amsterdam aan "verkeerstellingen in 1975" van Rijkswaterstaat, dienst Verkeerskunde te 's-Gravenhage.

Voor Dordrecht betreft het de gegevens van het permanente tellpunt bij de Moerdijkbrug. Deze zijn representatief voor het weg-

vak waarlangs de woningen gesitueerd zijn. Er is uitgegaan van een jaargemiddelde voor een werkdag van 36.150 motorvoertuigen. In de Standaardrekenmethode II wordt een onderverdeling naar categorieën motorvoertuigen gemaakt, te weten:

- lichte voertuigen (personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens met 4 wielen);
- middelzware motorvoertuigen (autobussen, vrachtwagens met 2 assen en 4 achterwielen);
- zware motorvoertuigen (vrachtwagens met 3 of meer assen, met aanhanger of oplegger);
- motorrijwielen.

In de publikatie van Rijkswaterstaat van 1974 is een dergelijke onderverdeling niet gemaakt. Wel een verdeling naar:

- personenauto's;
- vrachtauto's inclusief bestelauto's;
- autobussen;
- motorrijwielen en scooters.

In de publikatie van Rijkswaterstaat van 1975 wordt voor het eerst de onderstaande onderverdeling in categorieën motorvoertuigen gemaakt die dichter aansluit bij die in de Wet geluidhinder, namelijk:

- personenauto's, bestelauto's en motorrijwielen;
- ongelede vrachtauto's en autobussen;
- gelede vrachtauto's (vrachtauto's met aanhanger of oplegger).

De procentuele verdeling van de verschillende categorieën uit de publikatie van 1975 voor het permanente telpunt langs wegvak 055 (Dordrecht-RW17) is gebruikt om de absolute aantallen motorvoertuigen per categorie in 1974 te berekenen.

Tabel 1. Aantallen motorvoertuigen per uur per rijlijn. Er is gerekend met twee rijlijnen.

categorie	Dordrecht 1974	Amsterdam 1975
lichte motorvoertuigen	560	1145
middelzware motorvoertuigen	63	73
zware motorvoertuigen	129	42
motorrijwielen	2	5
totaal	754	1265

Voor Amsterdam zijn de gegevens gebruikt uit 1975 voor het wegvaknummer 070, dit is het gedeelte tussen Osdorp en Rijksweg 5 (het betreft een incidenteel telpunt).

Voor alle ingevoerde overige (lokale) wegen zijn deze aantallen voertuigen op 0 gesteld.

Het type wegdek voor de rijkswegen is een niet-elementverharding met fijne oppervlakte-textuur ('normaal' asfalt of beton).

Ook snelheidsgegevens zijn uit voornoemde publikaties van Rijkswaterstaat verkregen. Deze worden opgegeven middels een cumulatieve snelheidsverdeling van het verkeer op autowegen met een vrije verkeersafwikkeling.

Voor de verspreidingsberekeningen is gewerkt met de snelheid waarvoor het cumulatieve percentage 85% is, omdat dit leidt tot de beste benadering van de werkelijke situatie waar de snelheden variëren.

Voor de categorieën ongelede vrachtauto's, bussen en gelede vrachtauto's blijkt de snelheidsverdeling hetzelfde te zijn. Bij 85% van het aantal gemeten voertuigen is de snelheid 85 km per uur of minder. Voor 85% van de personenauto's en motorrijwielen bedraagt de snelheid 105 km per uur of minder.

De waarneempunten per woonblok zijn zodanig gekozen dat het berekende geluidniveau nooit meer dan 3 dB(A) van het naastliggende punt verschilt. Was dit wel het geval dan zijn opnieuw be-

rekeningen uitgevoerd op tussenliggende waarneempunten. Om voor woningen tussen twee waarneempunten de geluidbelasting te kennen zijn de niveaus energetisch geïnterpoleerd. Per respondent is het niveau bepaald voor 1,5 m boven de vloer van de onderste verdieping. Het aantal reflecties waarmee gerekend is door het computerprogramma bedraagt 1 voor waarneempunten direct langs de rijksweg en 3 voor waarneempunten die geheel of gedeeltelijk van de rijksweg werden afgeschermd door andere gebouwen.

Voor het onderzoek in Dordrecht is de geluidbelasting voor de gevel oorspronkelijk berekend met behulp van een door de TPD-TNO-TH ontwikkeld rekenmodel (zie ook ICG-VL-HR-22-01: Berekeningsmethode wegverkeerslawaaï voor zoneringsdoeleinden). In 1974 bestond de Standaardrekenmethode II nog niet in de huidige vorm. Toendertijd is gerekend met de onderstaande invoergegevens:

- verkeersintensiteit 2000 motorvoertuigen per uur, gemiddeld over een etmaal (in de huidige herberekening: 1500);
- percentage vrachtverkeer 30%. Op grond van nagekomen informatie bleek dit later 20% te zijn, waardoor alle in het oorspronkelijke rapport vermelde geluidniveaus 1 dB(A) hoger zouden worden. (in de huidige herberekening: 25,5%);
- snelheid personenvoertuigen: 100 km/uur (in de huidige herberekening: 105 km/uur);
- snelheid vrachtvoertuigen: 80 km/uur (in de huidige herberekening: 85 km/uur).

Wanneer de rekenmodellen gelijkwaardig zouden zijn dan zou het geluidniveau volgens het oorspronkelijke model door:

- een hogere verkeersintensiteit hoger moeten zijn;
- een hoger percentage vrachtverkeer hoger moeten zijn;
- lagere snelheden lager moeten zijn.

Aangezien de eerste twee factoren veel zwaarder wegen (2000 tegenover 1500 motorvoertuigen en 30% tegenover 25% vrachtverkeer)

dan de laatste, kan men verwachten dat het geluidniveau berekend volgens het oorspronkelijke model hoger zal zijn dan het geluidniveau berekend volgens Standaardrekenmethode II. Daar komt bij dat in het oorspronkelijke model de waarde berekend wordt inclusief de energie die via enkelvoudige reflectie van de gevel direkt bij het waarneempunt in dat waarneempunt terecht komt (ongeveer 3 dB(A)). In de Standaardrekenmethode II is de gevelbelasting gedefinieerd als de geluidbelasting op de plaats van de gevel als de gevel er niet zou zijn, dus zonder 3 dB(A) gevelreflectie.

Dit alles verklaart dat de oorspronkelijke berekende geluidniveaus 3 à 5 dB(A) hoger waren dan de nieuw berekende waarden.

Voor Amsterdam waren onderstaande invoergegevens toegepast:

- verkeersintensiteit 70.000 motorvoertuigen per etmaal (dit is gemiddeld ongeveer 1458 motorvoertuigen per uur per rijlijn; in de huidige herberekening: 1265);
- percentage vrachtverkeer: 15% (in de huidige herberekening: 9,1%);
- snelheid personenvoertuigen: 90 km/uur (in de huidige herberekening: 105 km/uur);
- snelheid vrachtvoertuigen: 80 km/uur (de huidige herberekening: 85 km/uur).

Ook voor Amsterdam geeft het oude rekenmodel waarden die 3 à 5 dB(A) lager zijn. De verklaring hiervoor is gelijk aan die voor Dordrecht is gegeven.

Voor gegevens over hinder is hier gebruik gemaakt van de antwoorden op vraag 60A. Op dit punt in de vragenlijst waren de respondenten gefocussed op geluidhinder. Er waren zes antwoordalternatieven. Een bijzonderheid is dat er onderscheid werd gemaakt tussen 'helemaal niet hinderlijk' en 'niet hinderlijk'.

2.3 Overig wegverkeer

Er is van drie onderzoeken gebruik gemaakt. In een van deze onderzoeken ging de aandacht vooral uit naar geluidhinder van trolleybussen: het Arnhem onderzoek. Een tweede onderzoek was gericht op geluidhinder van trams en wegverkeer: het Amsterdam-Den Haag-Rotterdam onderzoek. In het derde onderzoek was geluidhinder van civiel vliegverkeer en wegverkeer het onderwerp: het Amstelveen-Zwanenburg onderzoek.

2.3.1 Het Arnhem onderzoek

Het Arnhem onderzoek bestond uit drie delen, waarvan hier alleen het eerste deel is gebruikt. De vraaggesprekken uit het eerste deel vonden plaats in mei 1984. Mensen die langs een toekomstig traject van een trolleybus woonden werden ondervraagd. Op het moment van de enquête was de verkeerssituatie nog ongewijzigd.

De geluidbelasting van respondenten is bepaald door geluidmetingen uit te voeren in combinatie met verkeerstellingen tijdens de meetperiode, en verkeerstellingen over een langere periode (soms een etmaal, soms een week). Uit deze gegevens is onder andere L_{etm} berekend voor elke respondent. Voor het huidige onderzoek is hieruit L_{Aeq} afgeleid. Dit was mogelijk doordat per woningblok de verschillen tussen L_{etm} en $L_{Aeq}(\text{dag})$, $L_{Aeq}(\text{avond})$ en $L_{Aeq}(\text{nacht})$ gerapporteerd waren. Bovendien was per respondent het woningbloknummer nog vast te stellen. De L_{Aeq} waarden waren in het oorspronkelijke onderzoek bepaald met een correctie voor de invloed van gevelreflecties op de meetresultaten. Deze correcties lagen tussen de 0 en 3 dB(A).

Het is niet duidelijk of het L_{Aeq} voor één etmaal is bepaald of voor een week. Het is namelijk niet duidelijk of de meetgegevens

plus tellingen tijdens de meetperiode gecombineerd zijn met verkeersintensiteiten voor een etmaal of voor een week.

De geluidmetingen zijn verricht volgens het Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaai (1981). Aangenomen kan worden dat de uit de metingen afgeleide geluidbelasting de belasting is voor weersomstandigheden die ergens binnen het daar gespecificeerde meteoraam vallen.

Voor gegevens over hinder is hier gebruik gemaakt van de antwoorden op vraag 8B en 9B. De tweede vraag is de hindervraag met een keuze uit vijf alternatieven. Aan degenen die bij 8B rapporteerden 'nooit' of 'zelden' het wegverkeersgeluid te horen is vraag 9B niet gesteld. Voor hen is hier aangenomen dat ze bij 9B geantwoord zouden hebben dat wegverkeersgeluid 'niet hinderlijk' is. Op het moment dat de hindervraag werd gesteld waren de respondenten nog niet gefocussed op geluidhinder.

2.3.2 Het Amsterdam-Den Haag-Rotterdam onderzoek

Hier is gebruik gemaakt van de voor de werkdag bepaalde geluidbelasting door wegverkeer. Dit L_{Aeq} is bepaald door de werkdag in 2-uur periodes te verdelen. Voor een aantal 2-uur periodes zijn geluidmetingen verricht, waaruit de verdeling van de geluidniveaus voor die periodes is vastgesteld. Voor elke verdeling zijn een zevental percentielwaarden vastgesteld. De percentielwaarden voor 2-uur periodes waar geen meetgegevens voor waren zijn vastgesteld door gebruik te maken van een model voor het verloop van de percentielwaarden over een etmaal. Uit de percentielwaarden per 2-uur periode is het equivalente niveau voor die periode berekend, waarna deze equivalente niveaus gebruikt zijn om het L_{Aeq} te bepalen.

Uit de L_{Aeq} waarden bepaald voor meetpunten zijn de L_{Aeq} waarden voor de respondenten vastgesteld, eventueel door inter- of extrapolatie. In alle gevallen, ook als respondenten op hogere verdiepingen woonden, is het L_{Aeq} voor 1,2 - 1,5 m boven de grond bepaald.

De geluidmetingen waren niet gecorrigeerd voor gevelreflecties. Hier is in verband met deze reflecties van het gerapporteerde L_{Aeq} voor de werkdag 3 dB(A) afgetrokken.

De vraaggesprekken uit dit onderzoek hebben grotendeels eind juni/begin juli 1983 plaatsgevonden. Voor gegevens over de hinder is gebruik gemaakt van de antwoorden op vraag 18D en 19D. Wat in 2.3.1 is gezegd over de vragen 8B en 9B en de verwerking ervan geldt ook hier.

2.3.3 Het Amstelveen-Zwanenburg onderzoek

De gegevens komen uit dezelfde studie als besproken in paragraaf 2.1. De geluidbelasting van de respondenten is in gebieden met een lage belasting bepaald door metingen, in gebieden met een relatief hoge belasting door berekeningen. Er wordt opgemerkt dat in de lage belastingsgebieden, dus daar waar gemeten is, de geluidbelasting nauwelijks varieert over de tijd. Uit de metingen is een L_{Aeq} afgeleid voor een weekperiode.

Het is niet duidelijk hoe de beschikbare gegevens over verkeersintensiteiten gebruikt zijn in het rekenmodel, Standaard rekenmethode I. In Zwanenburg waren alleen gegevens over aantallen voertuigen en schattingen van de verhouding tussen het aantal personen- en vrachtwagens beschikbaar. Er is een L_{Aeq} berekend voor een weekperiode.

De enquête is uitgevoerd van 1-10-1984 tot 7-12-1984, in de herfst dus. Voor gegevens over de hinder is gebruik gemaakt van

vraag 26. Deze vraag had vier antwoordalternatieven. De respondenten waren bij die vraag reeds gefocussed op geluidhinder.

2.4 Treinverkeer

Er is gebruik gemaakt van een onderzoek naar geluidhinder langs spoorbanen waar zowel passagiers- en posttreinen, als de zwaardere goederentreinen konden passeren. De onderzoekslokaties lagen niet in de directe nabijheid van een station, rangeerterrein, brug, tunnel, overweg of wissel. Naast het passeren van treinen konden ook werkzaamheden aan de spoorbanen hinder veroorzaken.

De geluidbelasting werd bepaald door een combinatie van geluidmetingen met gegevens over aantallen passages. De geluidbelasting bij passages van de verschillende typen treinen werd per respondent gemeten of vastgesteld door interpolatie tussen nabij gelegen meetpunten. De gegevens werden gecombineerd met een gedetailleerde wekdienstregeling, waarin ook goederentreinen waren opgenomen en waarin treinen uitgesplitst waren naar type.

De enquête is uitgevoerd in de herfst van 1977. Voor gegevens over hinder is hier gebruik gemaakt van vraag 34C en 35C, Vraag 35C had zeven antwoordalternatieven. Bijzonder hierbij is dat als middelste, vierde alternatief 'neutraal' (4) was opgenomen, terwijl de uitersten 'helemaal niet hinderlijk' (1) 'erg hinderlijk' (7) waren.

Vraag 34C was vrijwel identiek aan de in 2.3.1 genoemde vraag 8B. Vraag 35C is niet gesteld als bij 34C 'nooit' of 'zelden' was geantwoord. Voor die gevallen is aangenomen dat bij 35C 'helemaal niet hinderlijk' zou zijn geantwoord.

Op het moment dat de hindervraag werd gesteld waren reeds een aantal vragen over geluidhinder en de spoorbaan gesteld. Door de vermenging hiervan met een groot aantal andere vragen zal de respondent echter bij de hindervraag nog niet focussed zijn geweest.

2.5 Tramverkeer

De gegevens over geluidhinder van tramverkeer zijn uit de in 2.3.2 besproken studie gehaald. Voor de dosis-respons-analyse zijn de lokaties in twee typen verdeeld: met en zonder tonale en/of impulsgeluiden. Voor de betreffende studie komt dat neer op een verdeling van de locaties in die met bogen of kruisingen en die met een rechte baan waar het tramverkeer zich afgezonderd van het wegverkeer beweegt. Bij de bogen of kruisingen bevond zich vaak een halte. Voor de rechte banen zijn mensen onderzocht die niet direct aan een halte woonden. Het deel van de studie dat zich specifiek op halteplaatsen richtte blijft hier buiten beschouwing.

De L_{Aeq} en hinderbepaling is voor beide typen situaties op dezelfde wijze uitgevoerd. Het L_{Aeq} is bepaald door de combinatie van geluidmetingen met gegevens over passages. De geluidbelasting bij passages van de verschillende typen trams en de verschillen trajecten op een lokatie werd per respondent gemeten of vastgesteld door inter- of extrapolatie vanuit nabij gelegen meetpunten. Deze gegevens werden gecombineerd met een gedetailleerde dienstregeling, waarin ook het type van de tram was opgenomen dat bepaalde ritten uitvoerde. Voor de huidige studie is gebruik gemaakt van het L_{Aeq} dat is berekend op basis van meetgegevens en de dienstregeling over een werkdag. De dienstregeling voor een werkdag wijkt enigszins af van die van een zon- of

zaterdag en er zijn geringe verschillen zijn tussen zomer- en winterdienstregeling. Daar komt bij dat het jaar L_{Aeq} beïnvloed wordt door wisseling in weersomstandigheden. Het effect van weerscondities op de geluidoverdracht is in dit geval te verwaarlozen in verband met de zeer geringe afstand tussen tram-banen en woningen van respondenten. De emissie van geluid door trams kan wel beïnvloed worden door de weersomstandigheden.

In het gebruikte L_{Aeq} is niet het geluid van signalen (bellen of toeteren van de tram) verwerkt. Dit kan met name op kruisingen wel enige invloed hebben op de geluidhinder bij omwonenden. Voor de huidige studie zijn de L_{Aeq} waarden gecorrigeerd voor gevelreflecties door er 3 dB(A) van af te trekken.

De vraaggesprekken uit het onderzoek hebben grotendeels eind juni/begin juli 1983 plaatsgevonden. Voor gegevens over hinder is gebruik gemaakt van de vragen 18B en 19B. Wat in 2.3.1 is gezegd over de vragen 8B en 9B en de verwerking ervan geldt ook hier.

2.6 Industrie- en rangeerterreinen

Er is van twee onderzoek gebruik gemaakt. In een van deze onderzoeken waren drie typen lokaties opgenomen: met industriegeluid zonder impulsen, met industriegeluid met impulsen en met geluid van rangeerterreinen. Het andere onderzoek was specifiek gericht op impulsloawaai en wel van industrieterreinen en schietterreinen.

2.6.1 Het onderzoek met drie typen lokaties

De L_{Aeq} en hinderbepaling is voor de drie typen lokaties op gelijke wijze gebeurd. Het L_{Aeq} is bepaald door de combinatie van geluidmetingen als de bron in bedrijf was, met gegevens over bedrijfstijden. Deze combinatie is in de huidige studie uitgevoerd. De metingen zijn verricht per gebied waarbinnen de geluidniveaus tijdens bedrijfstijd niet meer dan 4 dB(A) van elkaar verschilden. Voor elk van de respondenten in één gebied zijn dezelfde meetgegevens gebruikt. Door de equivalente geluidniveaus tijdens periodes van geluidemissie te combineren met de gegevens over de duur van de emissie tijdens de werkdag is het L_{Aeq} voor een werkdag verkregen. Dit kan afwijken van het jaar L_{Aeq} doordat in veel gevallen de emissieduur tijdens zon- en zaterdagdagen afwijkt van die op werkdagen, en doordat de emissie over het jaar kan variëren.

De enquête uit dit onderzoek is gehouden in januari 1980. De hinder wordt in de vragenlijst op een gecompliceerde wijze vastgesteld middels vraag 17 tot en met 24A, en vraag 35 plus de aanwijzingen C, D, F, G. Netto werd vastgesteld of geluiden van de industrie of het rangeerterrein wel of niet werden gehoord. Als ze werden gehoord werd nagegaan wat het relatieve belang was van deze geluiden. Voor de belangrijkste geluiden van de industrie of het rangeerterrein werd vastgesteld hoe hinderlijk ze werden gevonden. Dit werd voor maximaal drie geluiden gedaan. Een geluid werd voor de respondent als het belangrijkste omschreven als die het geluid 'het meest en het het hardst hoort'.

Om tot één oordeel per respondent te komen ten aanzien van de hinderlijkheid van het industrie- of rangeerterrein zijn in de huidige studie de volgende bewerkingen uitgevoerd. Als men de bron hoorde is gebruik gemaakt van de bij vraag 35 aangegeven beoordelingen van de hinder voor de drie belangrijkste geluiden. Bij deze hindervraag waren er vier antwoordcategorieën. De res-

pondent was gefocussed op geluidhinder. Als oordeel voor de bron als geheel is een alternatief genomen dat voor minstens één van de maximaal drie specifieke geluiden van die bron was gekozen en wel het alternatief dat de sterkste hinder uitdrukt. Voor respondenten die de bron niet zeiden te horen is vraag 35 niet gesteld. Voor hen is hier aangenomen dat ze de bron als 'niet hinderlijk' beschouwen.

2.6.2 Het impulslawaai onderzoek

Voor de L_{Aeq} bepaling geldt hetzelfde als wat over de L_{Aeq} bepaling is vermeld in 2.6.1. Er is een belangrijk verschil, namelijk dat de geluidniveaus in deze impulslawaai studie per gebied minder dan 3 dB(A) verschilden in plaats van niet meer dan 4 dB(A).

De enquête is gehouden in september en oktober 1982. Voor gegevens over de hinder is gebruik gemaakt van vraag 58. Deze vraag had vier antwoordalternatieven. De respondenten waren bij deze vraag reeds gefocussed op geluidhinder.

3. BEWERKING HINDER EN METHODE VOOR DOSIS-EFFECT ANALYSE

In dit hoofdstuk worden een aantal benaderingen naast elkaar geplaatst. De in dit onderzoek gevolgde benadering is gebaseerd op Miedema en Van Rijckevorsel (1988). Voor een meer complete beschrijving wordt daarnaar verwezen.

Het basismateriaal voor de analyse wordt gevormd door een aantal datamatrices, per bron één. Hierbij worden voorlopig ook gelijke bronnen uit verschillende onderzoeken apart gehouden. Stel het aantal matrices op q . De matrices worden weergegeven met A_i , $1 \leq i \leq q$. In A_i corresponderen de rijen met respondenten en de kolommen met variabelen. Er zijn 3 variabelen, dus drie kolommen. De eerste variabele is het L_{Aeq} , de tweede een aanduiding voor de bron en de derde de hinder. Voor een bepaalde A_i is dus de waarde in de tweede kolom constant. Voor verschillende A_i en A_j , verschillen die waarden. We kiezen voor A_i i als waarde voor de tweede kolom. Als het aantal respondenten voor bron i n_i is, dan is A_i dus n_i bij 3. In een rij uit A_i staan achtereenvolgens een L_{Aeq} -waarde, i , en een hinderscore.

A_i wordt gesplitst in R_i en C_i . R_i bestaat uit de twee eerste kolommen van A_i en C_i uit de laatste kolom. De afmetingen van deze matrices zijn dus $n_i \times 2$ en $n_i \times 1$.

Vervolgens wordt C_i vervangen door de bijbehorende indicator matrix G_i . Dit is een binaire matrix. De correspondentie tussen rijen en respondenten is exact gelijk als voor C_i (en R_i en A_i). Maar G_i heeft evenveel kolommen als dat er verschillende waarden zijn in C_i . Dus evenveel kolommen als hindercategorieën. Dus als er m_i hindercategorieën zijn is G_i $n_i \times m_i$. De kolommen corresponderen met de hindercategorieën, de eerste met de laagste hindercategorie, de tweede met de daaropvolgende enz.. Een rij uit G_i bevat één 1 en verder 0^{en} . De 1 staat in de kolom die correspondeert met de door de desbetreffende respondent gekozen hindercategorie.

Laat K_i een $m_i \times m$ matrix zijn. Het maximum voor m is $\min_i(m_i)$ ($\min_i(m_i)$ is het minimum van m_1, m_2, \dots, m_q).

Een voorbeeld is dat K_i per kolom een aantal aansluitende 1^{en} bevat en verder 0^{en} . In iedere rij staat precies één 1. Een voorbeeld is:

$$\begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

In $G_i K_i$ zijn de hindercategorieën (kolommen) uit G_i samengevoegd. Het aantal resterende categorieën is m .

De eerder besproken bewerkingen houden slechts een verandering in de weergave van de data in, zonder dat daarbij informatie verloren gaat. Tenzij $m_i = m$ gaat er bij de overgang van G_i naar $G_i K_i$ informatie verloren. Het is dus van belang stil te staan bij de keuze van de K_i matrices. In nog volgende paragrafen van dit hoofdstuk zullen verschillende keuzes voor K_i aan de orde komen.

Uit de matrices $G_i K_i$ wordt één matrix G gemaakt door ze onder elkaar te zetten. Het resultaat G is $n \times m$, met $n = \sum_{i=1}^q n_i$.

Uit G worden twee andere matrices gemaakt: S bevat de elementen van G verminderd met het bijbehorende kolomgemiddelde:

$$S = G - \mathbf{1}_n \mathbf{1}_n' G.$$

Hierbij is $\mathbf{1}_n$ een kolomvector bestaande uit n elementen 1.

Daarna wordt Z bepaald door de elementen van S te delen door de som van de bijbehorende kolom uit G . Hiertoe wordt D_C gedefinieerd als de diagonaal matrix met op de diagonaal dezelfde elementen als $G'G$. Dan:

$$Z = S D_C^{-1/2}.$$

Z en S hebben dus dezelfde afmeting als G , $n \times m$. De afmeting van $D_C^{-1/2}$ is $m \times m$.

Wat de verzamelde gegevens zeggen over de gezochte, vergelijkbare relaties tussen L_{Aeq} en hinder voor verschillende bronnen

wordt weergegeven door de relatie tussen de elementen uit R en G, of R en Z. R is op dezelfde manier uit de R_i gevormd als G uit de G_i : door de R_i onder elkaar te zetten met R_i op de i^{de} plaats. De relaties bestaan uit paren. Het a^{de} paar bestaat uit een paar (a^{de} rij uit R) en een m-tal (a^{de} rij uit G of Z). Omdat deze relatie in de ruwe vorm weinig doorzichtig is worden de volgende bewerkingen uitgevoerd:

- gladstrijken van locale oneffenheden in de relatie;
- reduceren van de relatie tussen tweetallen en m-tallen tot een zoveel mogelijk hierop lijkende relatie tussen tweetallen en enkele elementen;
- grafische representatie;
- lineaire regressie.

Het gladstrijken wordt nu eerst besproken. Daarna worden een aantal methoden voor de tweede stap, het reduceren, besproken. De grafische presentatie en lineaire regressie worden voor één van deze methoden besproken. Dit gebeurt in het volgende hoofdstuk, direct aan de hand van de concrete data.

Voor het gladstrijken wordt een $n \times 99$ matrix F^* genomen. Stel $a=1,2,\dots,n$ en $b=1,2,\dots,33$ en $B=1,2$ of 3 . Noem verder de eerste kolom van R, met de L_{Aeq} waarden, r. Het element $(a, (3(b-1)+B))$ uit F^* is dan .33 als het a^{de} element van r tussen de $3(b-1)+B$ en $3b+B$ ligt, de ondergrens inbegrepen, de bovengrens niet. Verder bevat F^* 0^{en} . Een voorbeeld van de bepaling van een deel van F^* aan de hand van r is:

kolommen uit F^* met $b=21$ en $B=1,2$ of 3

r	nr 61	nr 62	nr 63
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
55	0	0	0
61	.33	0	0
63	.33	.33	.33
70	0	0	0
62	.33	.33	0
64	0	.33	.33
67	0	0	0
65	0	0	.33
66	0	0	0
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Uit F^* wordt F bepaald door de kolommen die alleen nullen bevatten te verwijderen. Tenslotte wordt D_r gedefinieerd als de diagonaal matrix met op de diagonaal de kolomsommen van F :

$$D_r = \text{diag}(1_n'F).$$

Het gladstrijken van locale oneffenheden in de relatie gebeurt bijvoorbeeld door de bepaling van $D_r^{-1}F'Z$.

3.1 Cumulatieve proporties

In deze methode is K_i $m_i \times 2$. Een voorbeeld voor een in deze paragraaf te gebruiken K_i is, met $m_i=5$:

1	0
1	0
1	0
0	1
0	1

In dit voorbeeld worden de 2 hoogste hindercategorieën samen genomen. K_i bestaat altijd uit de elementen 0 en 1, met per rij één 1. Verder zijn de laatste u elementen uit de tweede kolom 1,

met $u < \min_i(m_i)$. Voor alle K_i is u gelijk. Er zijn dus $\min_i(m_i) - 1$ alternatieven voor K_i . Bij gegeven u ligt K_i vast.

De verdere procedure verloopt als beschreven. Het gladstrijken gebeurt door bepaling van $D_r^{-1}F'G$. Het resultaat is $n \times 2$. Aangezien de beide kolommen optellen tot 1 kan zonder verlies aan informatie de eerste kolom vervallen. Omdat dan één kolom overblijft is verdere reductie van het aantal kolommen niet van toepassing. De tweede kolom van $D_r^{-1}F'G$ kan grafisch uitgezet worden tegen $D_r^{-1}F'R$.

Twee nadelen van de methode hebben betrekking op de keuze van K_i . Ten eerste leidt de dichotomisering van de hinder door de keuze $m=2$ tot onnodig verlies aan informatie als $\min_i(m_i) > 2$. Verder is een vaste keuze van u voor alle K_i ongewenst. De resulterende twee hinderklassen zullen een verschillend deel van het hindercontinuum beslaan als m_i verschillend is.

3.2 Gelijke intervallen

Hierbij bestaat K_i uit één kolom. In de a^{de} cel daarvan bevindt zich element: $(a - \frac{1}{2}) \cdot 10 \cdot m_i^{-1}$. Na de bepaling van $G_i K_i$ verloopt de procedure als eerder beschreven. Het gladstrijken gebeurt door bepaling van $D_r^{-1}F'G$. Aangezien het resultaat uit slechts één kolom bestaat is verdere reductie niet van toepassing. Ook nu kan $D_r^{-1}F'G$ worden uitgezet tegen $D_r^{-1}F'R$.

Een zwak punt van de methode is de aanname van gelijke intervallen.

3.3 Normaal verdeelde hinder

Bij deze en de in 3.4. beschreven methoden worden dezelfde K_i^* gebruikt. Voor de methode uit 3.4 geldt dat $K_i = K_i^*$. Hier, in 3.3, wordt K_i bepaald door een aanvullende transformatie van

K_i^* . Omdat de methode uit 3.4 daadwerkelijk is gebruikt voor de analyses, wordt vrij uitgebreid stilgestaan bij de keuzes die K_i^* bepalen. De volledig bepalende keuzes zijn:

- A) per rij komt precies één 1 voor en verder 0^{en} ;
- B) $m=3$;
- C) element (a,b) uit K_i^* is gelijk aan element $((m_i-a),(m-b))$;
- D) de eerste kolom bevat alleen in de bovenste cel een 1 en verder 0^{en} .

Bij A: Deze keuze houdt in dat klassen worden samengevoegd tot niet overlappende klassen.

Bij B: Voor de betrokken onderzoeken geldt $\min_i(m_i)=4$. Dit stelt een bovengrens aan de keuze van m . Verder zijn er onderzoeken met 5 hindercategorieën. Een keuze van $m=4$ zou dan strijdig zijn met de volgende eis. De hoogst mogelijke waarde voor m , waarbij dus de minste informatie verloren gaat, is 3.

Bij C: Deze keuze betekent dat de samenvoeging symmetrisch is: als de k^{de} klassengrens wordt verwijderd, wordt ook de $(m_i-k)^{de}$ grens verwijderd. Hierbij $k=1$ voor de grens tussen de eerste twee klassen, en $1 \leq k < m_i$.

Het voordeel van symmetrische samenvoegingen is moeilijk precies te omschrijven. Met een voorbeeld kan aangegeven worden dat de restrictie van symmetrie t.a.v. samenvoegingen ongewenste effecten kan voorkomen. Stel dat voor een bepaalde geluidklasse de vijf hinderalternatieven even vaak worden gekozen: met proporties 0,20, 0,20, 0,20, 0,20, 0,20. Twee voorbeelden van niet-symmetrische samenvoeging zijn het samen nemen van de laagste drie alternatieven, respectievelijk de hoogste drie alternatieven. De resulterende proporties per klasse zijn 0,60 0,20 0,20 (I) respectievelijk 0,20 0,20 0,60 (II). Ten aanzien van een patroon als 0,33 0,33 0,33 (III) suggereert I een lagere en II een hogere hinder. De relatieve hinderlijk-

heid van het resulterende patroon wordt dus sterk bepaald door de wijze van samenvoegen. Symetrische samenvoegingen, resulterend in b.v. 0,40 0,20 0,40 of 0,20 0,60 0,20, suggereren geen van beide een hogere of lagere hinder dan III.

Bij D: Dit, met de eerdere eisen, betekent dat de buitenste klassen gehandhaafd blijven terwijl de binnenste worden samengevoegd. De laatste eis, D dus, is gebaseerd op een analyse van de overlap van hinderklassen op het L_{Aeq} continuüm.

Het is nagegaan hoe goed respondenten L_{Aeq} -waarden hebben ingedeeld in hinderklassen. Een definitie voor 'goed' is hierbij de mate waarin het onderscheid op de L_{Aeq} -dimensie behouden blijft na classificatie in hindercategorieën. Meer precies: hoe groot de statistiek η^2 ($= SS_B/SS_T$) is, zoals die bij een variantie-analyse wordt bepaald met hinder als onafhankelijk en L_{Aeq} als afhankelijke variabele.

De vraag is wat er met η^2 gebeurt als aangrenzende klassen worden samengevoegd. Het bleek dat η^2 betrekkelijk weinig daalt als de buitenste hinderklassen worden gehandhaafd en de binnenste tot één klasse worden samengevoegd. De binnenste klassen zijn sterk overlappend, zodat bij samenvoeging de 'within' varantie betrekkelijk weinig toeneemt.

Vervolgens wordt K_i bepaald door:

$$K_i = K^*_i \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

Als $G_i K_i$ wordt bepaald is dit te beschrijven als het cumulatief samenvoegen van hinderklassen. Het resultaat is dat de laagste klassen, de laagste plus de binnensten, en de laagste plus binnensten plus hoogste worden samengenomen.

Nadat de K_i bepaald zijn worden $G_i K_i$ en G bepaald volgens de eerder beschreven procedure. Het gladstrijken gebeurt vervolgens weer door de bepaling van $D_F^{-1} F' G$. Omdat in $D_F^{-1} F' G$ de laatste kolom geheel uit 1^{en} bestaat wordt deze verwijderd.

De rest van de procedure is gebaseerd op een methode van Thurstone (zie Torgerson, 1958). Hier wordt kort de oplossingsvariant van Gulliksen (1954) beschreven. De beste, maar ook meest gecompliceerde, oplossingsvariant is van Diederich, Messick en Tucker (1955). De methode is zeer sterk verwant aan de Signaal Detectie Theorie (SDT).

De elementen uit $D_F^{-1} F' G$, minus laatste kolom, zijn cumulatieve proporties. Deze proporties worden omgezet in de waarden die de inverse van de cumulatieve standaard normaalverdeling voor de betreffende proporties aanneemt. Noem de resulterende matrix H . Vervolgens wordt Principale Componenten Analyse toegepast op H , met de rijen als variabelen. Laat D_V een diagonaal matrix zijn met op de diagonaal de gewichten van de variabelen op de eerste component. Dan is de gezochte reductie van H , y :

$$y = D_V H \begin{matrix} .33 \\ .33 \\ .33 \end{matrix}$$

Als bij de eerder besproken methoden kan de oplossing, hier y , worden uitgezet tegen $D_F^{-1} F' R$.

Een nadeel van de methode is de vrij arbitraire keuze van de normaal verdeling.

3.4 Correspondentie analyse met overlappende klassen

De hier te bespreken methode is gebruikt om de in het volgende hoofdstuk weergegeven resultaten te verkrijgen.

K_i is bepaald zoals aangegeven in 3.3. Nu dus: $K_i = K_i^*$.

Hierbij is de kanttekening te maken dat voor twee van de elf bronnen de procedure op dit punt is aangepast. Het gaat om de onderzoeken waarbij onderscheid is gemaakt tussen 'niet hinderlijk' en 'helemaal niet hinderlijk'. Voor deze onderzoeken is de nieuwe 'onderste' hindercategorie niet gelijk aan de oude 'onderste', maar aan de gewogen som van beide genoemde onderste categorieën. De gewichten waren geluidniveau-afhankelijk. Voor geluidniveaus L tussen de 45 en 70 dB(A) waren de gewichten 1 en $(70-L) \cdot 25^{-1}$. Beneden en boven dit bereik waren de gewichten respectievelijk 1 en 1, en 1 en 0. Het resterende deel van de oude 'onderste' categorie is bij de nieuwe 'midden' categorie genomen.

Vervolgens worden $G_i K_i$ en G, S en Z bepaald, alles volgens de eerder beschreven procedure. Het gladstrijken gebeurt nu door het bepalen van $D_r^{-1} F' Z$

Uit $D_r^{-1} F' Z$ zijn in de feitelijke analyses de rijen verwijderd waarvoor het gewicht, dat wil zeggen het diagonaal element in D_r , 15 of kleiner was. Deze rijen berusten op te weinig observaties. Verder zijn rijen verwijderd die een uitbijter bevatten. Om deze op te sporen zijn de eerste en derde kolom van $D_r^{-1} F' G$ (verticaal uitgezet) bekeken als functie van $D_r^{-1} F' R$ (per bron de eerste kolom horizontaal uitgezet). Een uitbijter is hier gedefinieerd als een (locaal) minimum of maximum in de curve dat sterk beneden of boven de curve uitsteekt. Sterk is hierbij als de horizontale lijn die door het extreem loopt de curve pas op een afstand van 10 dB(A) of meer snijdt. Een extreem is niet als uitbijter behandeld als de curve niet gedefinieerd was tot een afstand van 10 dB(A) in de richting waar het snijpunt zou kunnen liggen.

Deze matrix wordt gereduceerd tot een daarbij in zekere zin best passend kolomvector y. Best passend is geoperationaliseerd als dat de kwadratensom van het verschil tussen y en de gewogen som van de kolommen uit $D_r^{-1} F' Z$ minimaal is. Het gaat er dus om y en de gewichten voor de kolommen uit $D_r^{-1} F' Z$ te vinden. Het voorgaande moet aangevuld worden met dat de termen uit de te minimaliseren kwadratensom worden gewogen met de bijbehorende diagonaal elementen uit D_r^{-1} .

Het minimaliseren van de gewogen kwadratensom is niet veel anders dan het uitvoeren van een correspondentie-analyse. Het wordt hier verder niet besproken.

De resulterende y kan weer worden uitgezet tegen $D_r^{-1} F' R$.

4. RESULTAAT VAN DE DOSIS-EFFECT ANALYSE

Het resultaat van de dosis-effect analyses is weergegeven in Figuur 1-5. De figuren zijn met de in hoofdstuk 3 en in het bijzonder in paragraaf 3.4 beschreven methode verkregen. De daar beschreven y en $D_R^{-1}F'R$ zijn over een vijftal figuren verspreid weergegeven. In de figuren staat y , de hinder, op de verticale as. De eerste kolom uit $D_R^{-1}F'R$, het L_{Aeq} , staat op de horizontale as, terwijl de tweede kolom, het type bron, als controle variabele is gebruikt. De figuren laten zien dat:

- impulsgeluid hinderlijker is dan ander geluid;
- er aanwijzingen zijn dat geluid van snelwegen en civiel vliegverkeer hinderlijker is dan geluid van overig wegverkeer of railverkeersgeluid zonder bijzondere kenmerken;
- er geen duidelijk onderscheid is tussen hinder van snelwegen en van civiel vliegverkeer;
- er geen duidelijk onderscheid is tussen hinder van overig wegverkeer en railverkeer zonder bijzondere kenmerken;
- hinder van tramgeluid met impulsen en of tonale componenten, en van rangeerterreinen (met impulsen of tonale componenten) ligt tussen de hinder van snelwegen plus civiel vliegverkeer en hinder van impulsgeluid van industrie of schietterreinen;
- dat geluid van industrie, zonder bijzondere kenmerken, waarschijnlijk zeer divers is. De in het betrokken onderzoek meegenomen industriebronnen zijn qua hinder te plaatsen tussen snelwegen plus civiel vliegverkeer en impulsgeluid van industrie of schietterreinen.

De vergelijking voor de beste rechte lijn door de punten voor overig wegverkeer plus railverkeer zonder bijzondere geluiden is:

$$\text{hinder} = -2,6 + 0,044 L_{Aeq}$$

Voor snelwegverkeer plus vliegverkeer:

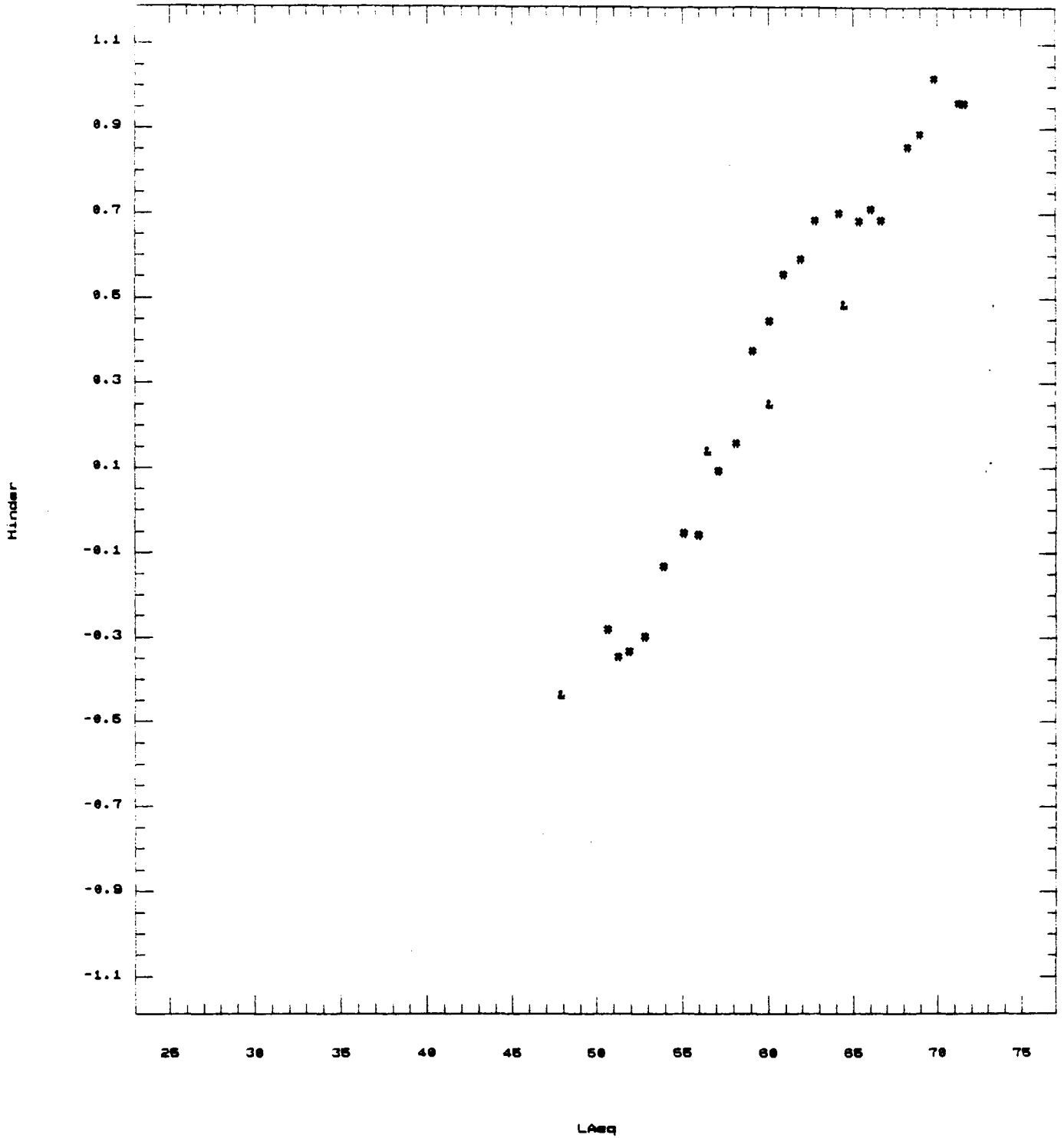
$$\text{hinder} = -3,6 + 0,065 L_{\text{Aeq}}$$

En voor impulsgeluid:

$$\text{hinder} = -2,4 + 0,053 L_{\text{Aeq}}$$

De eerste twee lijnen snijden elkaar bij 45 dB(A) zodat 45 de gesuggereerde waarde is voor de verschuivingscoëfficiënt voor bronnen zonder bijzondere geluidkenmerken (zie hoofdstuk 1), b_r . Dan is 30 de waarde voor de verschuivingscoëfficiënt voor impulsgeluid bronnen, b_i . Dit betekent een verschil in verschuivingscoëfficiënt tussen impuls en andere bronnen van 15 dB(A).

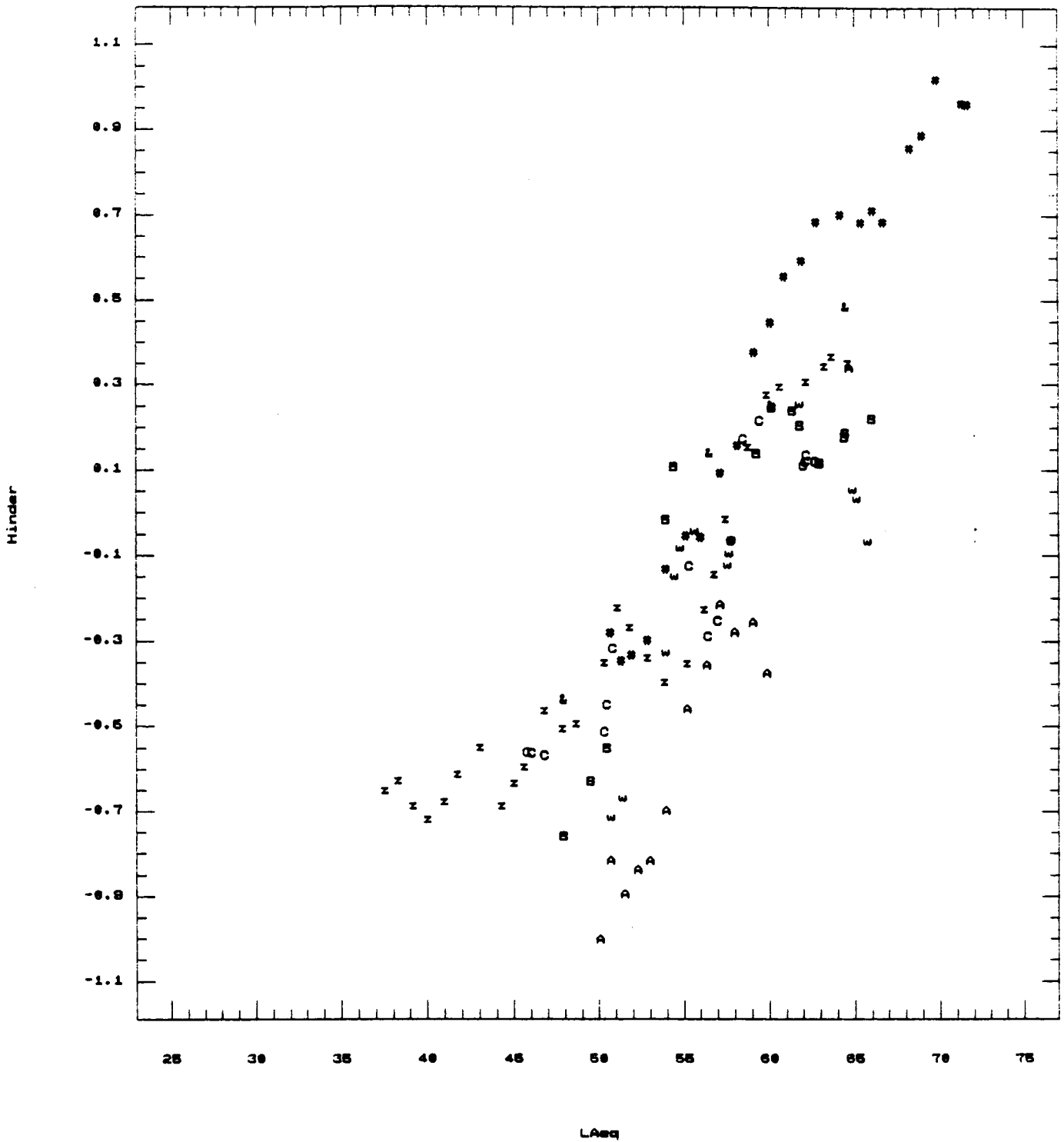
Snelwegverkeer en Vliegverkeer



snelwegverkeer
& vliegverkeer

Snelwegverkeer en vliegverkeer met

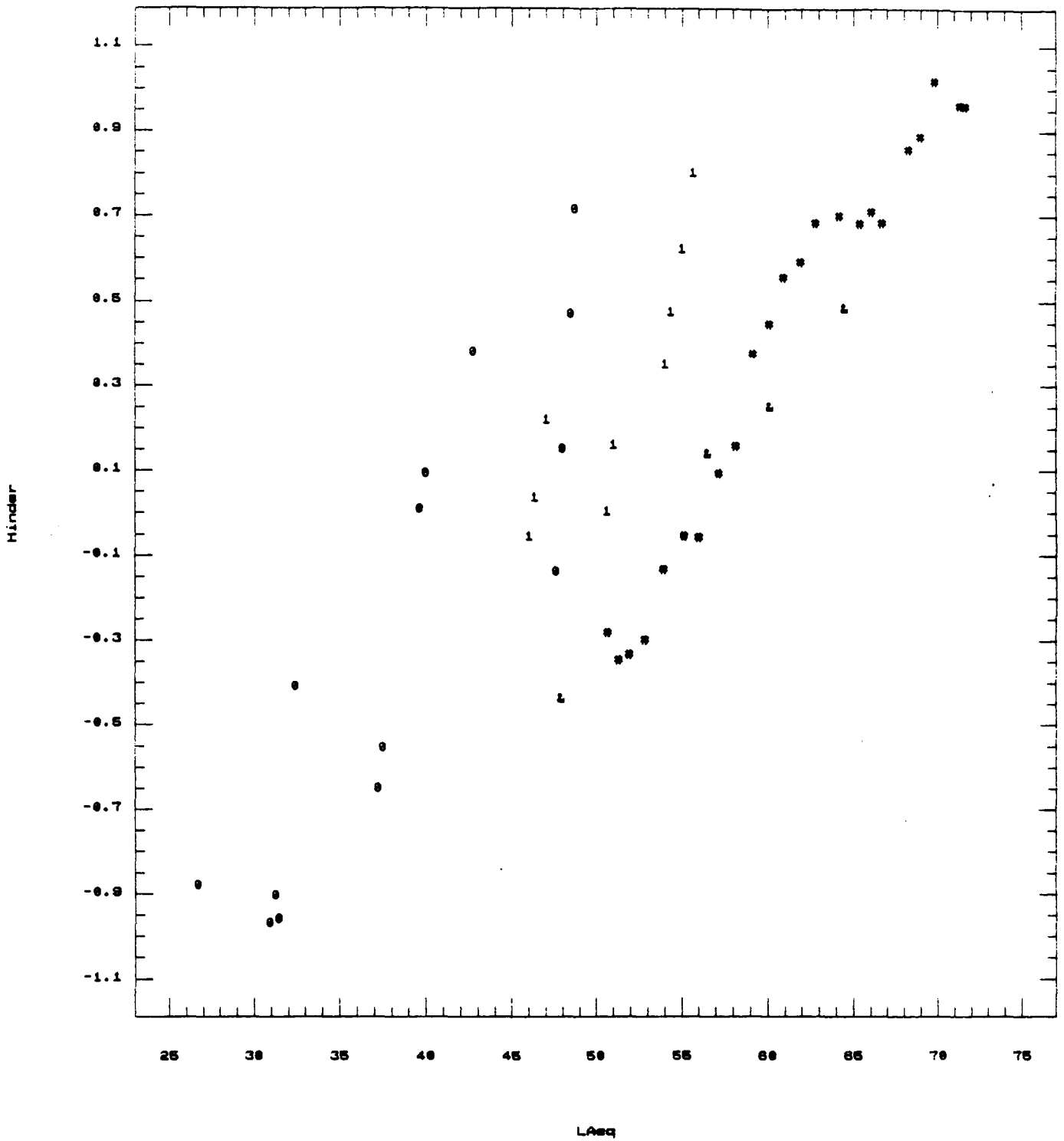
overig weg- tram- treinverkeer (geen it)



- # snelwegverkeer
- & vliegverkeer
- ABC overig wegverkeer
- w tramverkeer (zonder impuls of tonaal geluid)
- z treinverkeer

Snelwegverkeer en Vliegverkeer

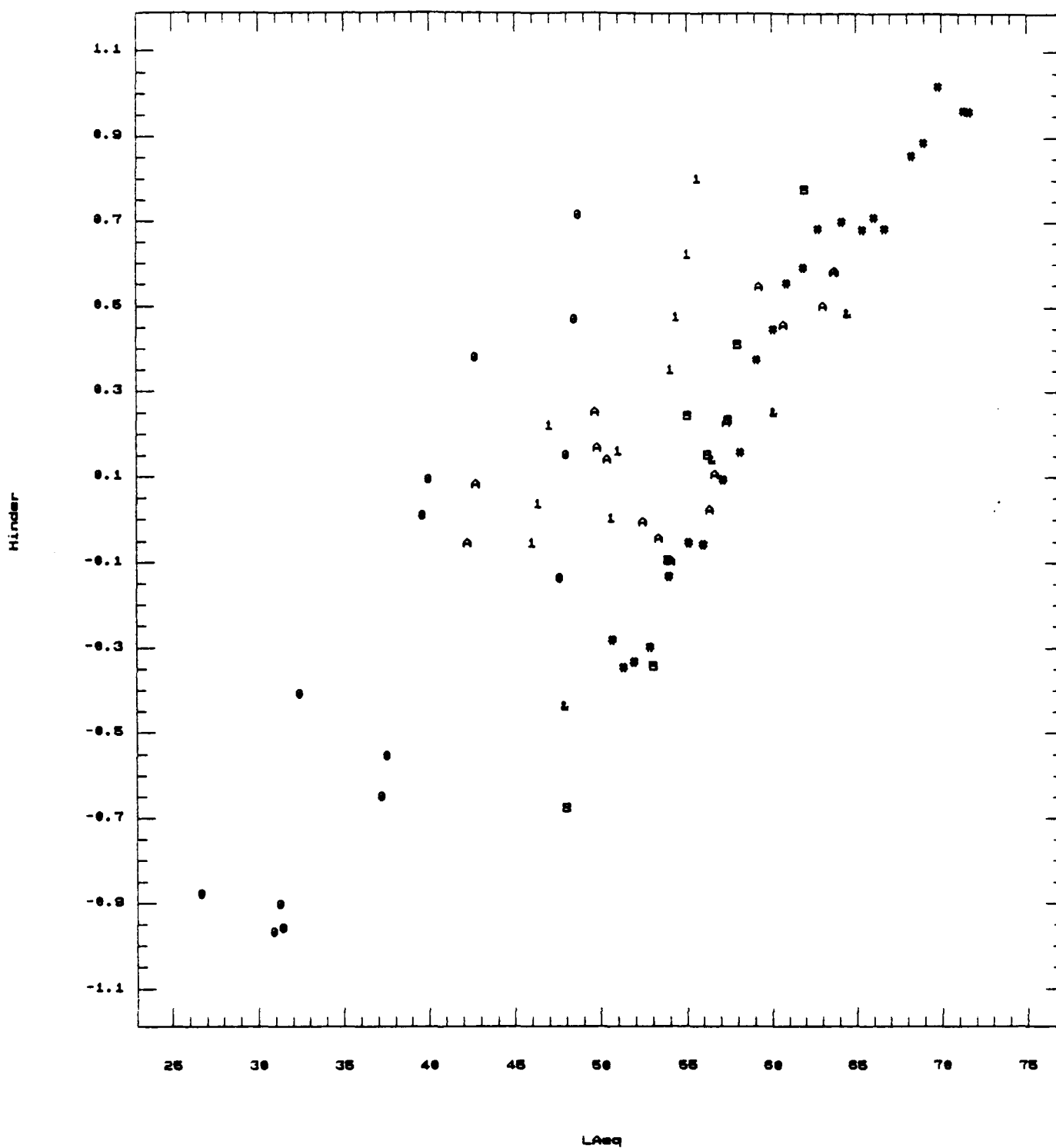
met impuls



snelwegverkeer
 & vliegverkeer
 0 1 impuls geluidbronnen

Snelwegverkeer vliegverkeer en impuls

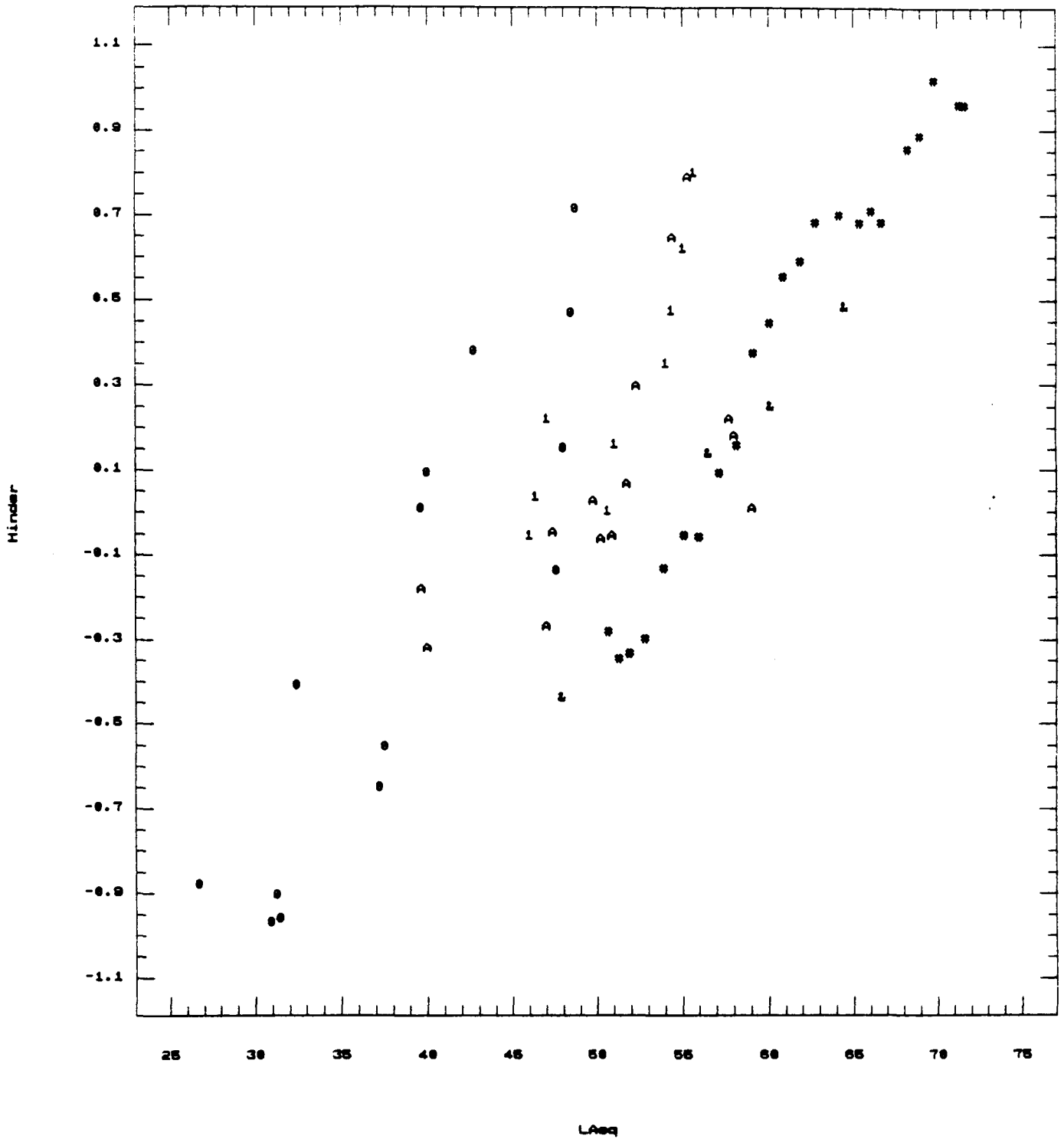
met tramverkeer-rit en rangeer



- # snelwegverkeer
- & vliegverkeer
- 0 1 impulsgeluidbronnen
- A tramverkeer (met impuls- en/of tonaal geluid)
- B rangeerterreinen

Snelwegverkeer vliegverkeer en impuls

met industrie-1



- # snelwegverkeer
- & vliegverkeer
- 0 1 impulsgeluidbronnen
- A industrie (zonder impulsgeluid)

5. HET BEOORDELINGSSYSTEEM VOOR CUMULATIESITUATIES

Het equivalente wegverkeersgeluid (niet: snelweg) L_x dat even hinderlijk is als een bepaalde combinatie van bronnen, wordt bepaald met de volgende stappen.

1) stel het L_{Aeq} vast voor:

- geluid van snelweg- en civiel vliegverkeer: L_1' ;
- geluid van overig weg- en railverkeer als dit geen impuls of tonaal karakter heeft: L_2' ;
- geluid van industrie of schietterreinen dat impulskarakter heeft: L_3' .

De waarden van L_1' en L_2' worden minimaal op 45 gesteld, die van L_3' minimaal op 30.

2) bepaal:

- $L_1 = L_1' - 45$
- $L_2 = L_2' - 45$
- $L_3 = L_3' - 30$

3) bepaal $\alpha = \frac{1,5L_1 + L_2 + 1,2L_3}{L_1 + L_2 + L_3}$

4) bepaal de 'energetische som' (: S) van de drie termen:

$$- \frac{1,5}{\alpha} L_1$$

$$- \frac{1}{\alpha} L_2$$

$$- \frac{1,2}{\alpha} L_3$$

5) tenslotte: $L_x = \alpha S + 45$

Geluid van railverkeer dat impuls of tonale componenten bevat kan het best ondergebracht worden bij L_1' . Hetzelfde geldt voor geluid van industrieterreinen zonder impulsen. Dus L_1' is dan het equivalente niveau voor deze bronnen plus snelwegverkeer en vliegverkeer.

Omdat in de huidige studie geen gegevens over militair vliegverkeer beschikbaar waren is daar geen uitspraak over te doen.

6. CONCLUSIE - A PRIORI VERWACHT OPNIEUW BEZIEN

De uitkomsten van deze studie zijn redelijk in overeenstemming met de a priori verwachtingen.

Afwijkend van de verwachting is dat:

- De hinder van overig wegverkeer niet hoger is dan van railverkeer op rechte stukken;
- de hinder van rangeerterreinen en van railverkeer dat impuls of tonaal geluid produceert niet duidelijk in het patroon past voor industrieel impuls geluid en geluid van schietterreinen;
- de hinder van industriegeluid zonder impulsen of tonale componenten niet duidelijk in het patroon past voor snelweg en vliegverkeer.

De laatste twee punten houden waarschijnlijk verband met het gegeven dat het geluid van rangeerterreinen van situatie tot situatie qua voor de hinder belangrijke kenmerken zal verschillen. Dit verschil beperkt zich niet tot verschillen in L_{Aeq} . Hetzelfde geldt voor de situaties waarin railverkeer impuls of tonaal geluid produceert, en ook voor industriegeluid zonder impulsen. Dus wat als één bron wordt behandeld is in feite nog divers op relevante kenmerken, naast L_{Aeq} .

De in deze studie gebruikte gegevens beslaan niet voor alle bronnen het gehele gebied van 30 tot 75 dB(A). Uitspraken over die bronnen kunnen met grotere zekerheid worden gedaan voor gebieden waarvoor gegevens beschikbaar waren dan voor het gebied daarbuiten. In hoofdstuk 5 is deze nuancering niet aangebracht.

De integratie van gegevens uit diverse onderzoeken heeft de relatie tussen L_{Aeq} en geluidhinder voor verschillende bronnen beter vergelijkbaar gemaakt. Het lijkt wenselijk om een aantal niet moeilijk toegankelijke onderzoeksbestanden aan de integra-

tie toe te voegen. Dit zou kunnen leiden tot zeer stevig onderbouwde relaties tussen L_{Aeq} en hinder.

LITERATUUR

- BANKS, W.P. (1970). Signal detection and human memory. *Psychological Bulletin* 74 2 81-99
- BITTER, C., J.P. CHAPER, & W.A.H. PINKSE (1978). Beleving geluidwerende voorzieningen in de woonsituatie langs Rijksweg 16 in Dordrecht. ICG VL-DR-14-01, Leidschendam.
- BITTER, C., J.H.K. HOLST, H.A.C. KANDELAAR, & W. SCHOONDERBEEK (1982). Beleving geluidwerende voorzieningen in de woonsituatie langs Rijksweg 10 in Amsterdam.
- DIEDERICH, W.D., S.J. MESSICK, & L.R. TUCKER (1955). A general least squares solution for successive intervals. Princeton (Psychology Department).
- ERICZ, W.J., A. NOORDAM, & W. SCHOONDERBEEK (1986). Trollificering buslijn 9 in Arnhem. Onderzoek naar de effecten op geluidhinder. Onderzoekprogramma Geluidhinder, GA-HR-12-01, Leidschendam.
- GROENEVELD, Y., & E. GERRETSEN (1984). Karakterisering en beoordeling van industrielawaai. ICG IL-HR-09-02, Leidschendam.
- GROENEVELD, Y., R. VAN DEN BERG, & R.G. DE JONG (1985). Effects of impuls noise on human beings; the field study in the Netherlands. Onderzoekprogramma Geluidhinder, GA-HR-04-01, Leidschendam.
- GULLIKSEN, H. (1954). A least squares solution for successive intervals assuming unequal standard deviations, *Psychometrika* 19 2 117-139
- JONG, R.G. DE, F.H. VAN TOL (1986). CEC joint study of community response to aircraft noise. NIPG-TNO, Leiden.
- MIEDEMA, H.M.E. (1984). Hinder in de woonomgeving door cumulatie van omgevingsgeluid; een literatuurstudie. Onderzoekprogramma Geluidhinder GA-HR-08-01, Leidschendam.
- MIEDEMA, H.M.E. (1985). Hinder door geluid van tram- en wegverkeer. Onderzoekprogramma Geluidhinder, GA-HR-08-02, Leidschendam.

- MIEDEMA, H.M.E. (1987). Beoordelingsmethode voor hinder in de woonomgeving door cumulatie van omgevingsgeluid. Onderzoekprogramma Geluidhinder GA-HR-08-03, Leidschendam.
- MIEDEMA, H.M.E., & J.L.A. VAN RIJCKEVORSEL. (in voorbereiding) Dose and non-metric response analysis. Paper voor het congres van 'Society for Multivariate Analysis in the Behavioral Sciences', december 1988.
- PEETERS, A.L., R.G. DE JONG, J.P. KAPER, & J.C. TUKKER (1984). Hinder door spoorweggeluid in de woonomgeving. ICG RL-HR-03-03, Leidschendam.
- TORGERSON, W.S. (1958). Theory and methods of scaling, London.