
Grote luchthavens en gezondheid

De Minister van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Onderwerp : aanbieding advies
Uw kenmerk : GZB/C&O/98344
Ons kenmerk : U 2511/WP/MK/610-C2
Bijlagen : 1
Datum : 2 september 1999

Mevrouw de Minister,

Hierbij bied ik u — gehoord de Beraadsgroep Gezondheid en Omgeving en de Beraadsgroep Geneeskunde — het advies 'Public health impact of large airports' aan. Met dit advies beantwoordt de Gezondheidsraad uw brief van 13 februari 1998. Ik heb het bijgevoegde rapport heden eveneens aangeboden aan uw collega's van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer en van Verkeer & Waterstaat.

Het advies is opgesteld door een door mij voorgezeten internationale commissie van deskundigen. Zij heeft de gezondheidsrisico's die zijn verbonden aan het bedrijven van een grote luchthaven, niet alleen beschouwd als een optelsom van afzonderlijke relaties tussen bepaalde milieufactoren en bepaalde effecten. Die relaties beïnvloeden elkaar namelijk, terwijl de bevolking op en rondom luchthavens steeds de invloed van een samenloop van diverse factoren ondervindt. Een meer integrale benadering, waartoe dit advies een poging doet, is niet alleen nodig bij het in kaart brengen van de positieve en negatieve invloeden op de gezondheid van het luchthavenbedrijf, maar tevens bij het nemen van maatregelen om de voordelen te maximaliseren en de gezondheidsnadelen in te perken. Op dit punt beperkt de rol van de wetenschap en van adviescolleges als de Gezondheidsraad zich tot het verschaffen van kennis en inzicht. Ik onderschrijf de zienswijze van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid in zijn advies over duurzame risico's, dat met het beoordelen van risico's en het kiezen van maatregelen om die risico's te beteugelen, onlosmakelijk normatieve elementen zijn verbonden, waarover door beleidsverantwoordelijken moet worden beslist.

Het advies bevat op verscheidene plaatsen aanbevelingen voor onderzoek. Ik wil enkele van die aanbevelingen via deze brief onder uw aandacht brengen.

Gezondheidsraad

Health Council of the Netherlands

Onderwerpaanbieding advies

Ons kenmerk: U 2511/WP/MK/610-C2

Pagina: 2

Datum: 2 september 1999

Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefoon 070 3407520
Telefax 070 3407523

Bezoekadres
Parnassusplein 5
Den Haag

Onderwerpaanbieding advies

Ons kenmerk: U 2511/WP/MK/610-C2

Pagina: 3

Datum: 2 september 1999

In het kielzog van de aanbeveling om de risico's voor de gezondheid van het luchthavenbedrijf als regel op samenhangende wijze te beoordelen, volgt de aanbeveling nader onderzoek te doen naar de hiervoor geëigende methoden. De huidige Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) biedt hiervoor een goed startpunt. Een tweede belangrijk onderwerp van onderzoek betreft de gevoeligheid van individuen en groepen voor bepaalde milieufactoren. In het bijzonder in de hoofdstukken over luchtkwaliteit en geluid wordt hierop gewezen. Aandacht vraagt de commissie ook in dit verband voor de gevoeligheid van kinderen. Verder wijst het advies op enkele andere lacunes in onze kennis over de gevolgen van langdurige blootstelling aan geluid en aan luchtverontreiniging, in het bijzonder wat betreft de precisering van het verband tussen blootstelling en respons (geluid: cardiovasculaire aandoeningen, luchtverontreiniging: voortijdige sterfte en luchtwegaandoeningen).

Het advies bepleit ook het leggen van een verband tussen maatregelen die de negatieve invloed van factoren als geluid en luchtverontreiniging kunnen verminderen en maatregelen op het gebied van de ruimtelijke ordening, in het bijzonder waar het de voorzieningen in en het aanzicht van de omgeving betreft. Het betreft hier naar mijn mening een nog in belangrijke mate onontgonnen terrein. Tenslotte wijs ik u op de rol van informatie en communicatie. De commissie staat een open benadering voor. Daarbij denkt ze aan het informeren van alle betrokkenen, inclusief de lokale bevolking, over de ontwikkelingen op de korte en lange termijn die bij het luchthavenbedrijf spelen. De commissie bepleit ook een open uitwisseling van informatie over ongevallen, bijna-ongevallen en voor gezondheid en veiligheid relevante zaken. Een open informatie uitwisseling kan bijdragen tot het vergroten van de kwaliteit en veiligheid van het luchthavenbedrijf. Ook hier doet zich de noodzaak van nader onderzoek gevoelen om te kunnen komen tot een doelmatig rapportage- en informatiesysteem.

Hoogachtend,

(w.g.)

Prof. dr JA Knottnerus

Gezondheidsraad

Health Council of the Netherlands

Onderwerpenaanbieding advies

Ons kenmerk: U 2511/WP/MK/610-C2

Pagina: 4

Datum: 2 september 1999

Postbus 16052
2500 BB Den Haag
Telefoon 070 3407520
Telefax 070 3407523

Bezoekadres
Parnassusplein 5
Den Haag

Grote luchthavens en gezondheid

Gezondheidsraad

aan:

de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de Minister van Verkeer en Waterstaat

Nr 1999/14, Den Haag, 2 september 1999

Dit advies kan als volgt worden aangehaald:

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

auteursrecht voorbehouden

ISBN: 90-5549-278-7

Inhoud

Samenvatting *11*

- 1 Inleiding *23*
 - 1.1 De twee zijden van de medaille *23*
 - 1.2 Adviesaanvraag *24*
 - 1.3 Commissie en werkwijze *25*
 - 1.4 Advies *27*
-
- 2 Het groot-vliegveldsysteem *29*
 - 2.1 Burgerluchtvaart *29*
 - 2.2 Grote luchthavens *30*
 - 2.3 Normaal bedrijf en ongevallen *34*
 - 2.4 Groot-vliegveldsysteem en milieufactoren *36*
-
- 3 Milieukwaliteit en gezondheid *39*
 - 3.1 Gezondheidseffecten *39*
 - 3.2 Determinanten en gezondheid *41*
 - 3.3 Waarnemen van gezondheidseffecten *43*
 - 3.4 Gezondheid in een groot-vliegveldsysteem *45*
-
- 4 Luchtkwaliteit *47*
 - 4.1 Overzicht *47*
-

4.2	Stoffen	49
4.3	Bijdrage van afzonderlijke bronnen	50
4.4	Ontwikkeling van luchtverontreiniging rond luchthavens	51
4.5	Luchtverontreiniging en gezondheid	52
4.6	Beoordeling	57
<hr/>		
5	Geluid	61
5.1	Overzicht	61
5.2	Grootheden voor geluidblootstelling	62
5.3	Blootstelling aan geluid in een groot-vliegveldsysteem	63
5.4	Verband met gezondheid en welzijn	65
5.5	Mechanismen	70
5.6	Gezondheidseffecten van geluid in een groot-vliegveldsysteem	72
<hr/>		
6	Externe veiligheid	75
6.1	Overzicht	75
6.2	Vliegtuigongevallen	76
6.3	Andere ongevalsrisico's en risicovergelijking	81
6.4	Beoordeling	83
<hr/>		
7	Andere onderwerpen	85
7.1	Overzicht	85
7.2	Bodem- en waterverontreiniging (tegengaan van ijsvorming)	85
7.3	Import van infectieziekten door luchtverkeer	87
7.4	Beroepsrisico op de luchthaven	88
7.5	Aanzicht van de omgeving	91
7.6	Perceptie van gezondheidsrisico	93
<hr/>		
8	Gezondheid en grote luchthavens	99
8.1	Ontbreken van een integrale beoordeling	99
8.2	Beïnvloeden grote luchthavens de gezondheid?	100
8.3	Omgevingsfactoren	102
<hr/>		
9	Toekomst	105
9.1	Strategische keuzen	105
9.2	Ruimtelijke ordening en zonering	107
9.3	Toelaatbaarheid	109
9.4	Technologie en kwaliteitsbeheersing	110
9.5	Beschikbaarheid van informatie	111
<hr/>		

9.6	Een integrale aanpak	112
9.7	Slot	113
<hr/>		
10	Literatuur	115
<hr/>		
	Annexes	133
A	Committee membership	135
B	Literature	139
C	Case studies	141
	Heathrow Airport Terminal 5	
	Munich Airport Franz Josef Strauss	
	Berlin Brandenburg International (BBI)	
	Lessons learned	
D	Attributes of the physical environment	161
E	Concepts of health	163
F	Health and the social environment	167
G	Normen voor luchtkwaliteit	171
H	Health effects of noise	173
I	Categories of risk in the form of semantic images	179

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

Burgerluchtvaart

De burgerluchtvaart is een groei-industrie en volgens de meeste economen blijft ze dat voorlopig. Ze ontwikkelt zich tot een bedrijfstak van wereldwijde afmetingen waarin, via een handvol samenwerkingsverbanden, luchtvaartmaatschappijen een mondiaal netwerk van knooppunt-luchthavens of 'hubs' bedienen. In 1997 vervoerden de reguliere luchtvaartmaatschappijen 1,5 miljard passagiers en 26 miljoen ton vracht.

De opbrengsten van de luchtvaart in economische zin en het binnen handbereik brengen van bestemmingen ver weg kunnen gezondheid en welzijn bevorderen, zij het vermoedelijk vooral voor de bevolking in het geïndustrialiseerde deel van de wereld. Maar de luchtvaart heeft, zowel op lokale als mondiale schaal, ook een negatieve invloed op het milieu en daardoor op de gezondheid.

Adviesaanvraag en advies

Het voorliggende advies geeft het antwoord van de Gezondheidsraad op een adviesaanvraag van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Verkeer en Waterstaat naar de gezondheidseffecten van grote luchthavens. Het verzoek van de drie ministers hangt samen met het publieke en politieke debat over de Nederlandse luchtvaartinfrastructuur en het bijzonder met de uitbreiding van de Luchthaven Schiphol, hoewel niet werd gevraagd om een oordeel over de situatie bij en rond de Nederlandse nationale

luchthaven. De Voorzitter van de Gezondheidsraad verzocht een internationale commissie van deskundigen het gevraagde advies op te stellen.

Tevens verstrekte de Raadsvoorzitter opdracht om de situatie bij drie andere vliegvelden in ogenschouw te nemen ten einde informatie te verzamelen over de wijze waarop gezondheidsaspecten een rol spelen bij de ontwikkeling van luchthavens. Deze 'case studies' omvatten het voorstel voor een nieuwe passagiersterminal op Heathrow, de internationale luchthaven van München die in 1992 op een nieuwe locatie in bedrijf is genomen, en het plan voor een vliegveld in Berlijn ter vervanging van de drie huidige vliegvelden in het begin van de volgende eeuw. Tevens beschikte de commissie over een 'up to date' overzicht van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol.

De commissie concentreerde zich op gezondheidseffecten ten gevolge van lokale milieufactoren. Het door haar gehanteerde begrip 'gezondheidseffect' omvat ook aantasting of bevordering van de kwaliteit van leven. De invloed van de luchtvaart op het klimaat (en zo op gezondheid) en indirecte positieve en negatieve invloeden op de gezondheid via economie, mobiliteit en toerisme vallen buiten het voorliggende advies.

Groot-vliegveldsysteem

De commissie heeft gekozen voor een integrale benadering van het verband tussen een luchthavenbedrijf en de gezondheid. Zij heeft nagegaan hoe de gezondheid wordt beïnvloed in een zogeheten groot-vliegveldsysteem, dat het gebied bestrijkt binnen een straal van enkele tientallen kilometers rond een luchthaven. Naast de activiteiten die rechtstreeks met het luchthavenbedrijf samenhangen, omvat het systeem ook de bedrijvigheid in de nabijheid van de luchthaven, de infrastructuur die nodig is om de luchthaven in stand te houden, en woonwijken. Ook de omgeving van luchthavens die oorspronkelijk in afgelegen streken werden gesitueerd, blijkt namelijk in de loop van de jaren te verstedelijken door vestiging van vrachtvervoersbedrijven, bevoorradingsbedrijven en, hotels, 'high-tech'-bedrijven en kantoren.

De invloed van de activiteiten in een groot-vliegveldsysteem op de gezondheid is maar ten dele systeem-specifiek. Specifieke factoren zijn vliegtuiggeluid, kerosine-stank en de kans op vliegtuigongevallen. Maar luchtverontreiniging, aantasting van het landschap door de vervoersinfrastructuur, hinder van wegverkeers- en industrie geluid, en arbeidsrisico's komt men in elk stedelijk en geïndustrialiseerd gebied tegen.

Milieu en gezondheid

De commissie wijdt een afzonderlijke bespreking aan de invloed van de volgende milieufactoren op de gezondheid:

P luchtverontreiniging

- P** geluid
- P** ongevallen
- P** bodem- en waterverontreiniging op de luchthaven
- P** import van infectieziekten
- P** verandering in het landschap
- P** arbeidsrisico's op de luchthaven.

In concluderende hoofdstukken waagt zij een poging om haar bevindingen te combineren en doet zij voorstellen ter verbetering van de bescherming van de gezondheid.

De centrale vraag van het advies luidt: beïnvloeden de activiteiten in een grootvliegveldsysteem de gezondheid? De commissie beantwoordt deze vraag met: ja. De visie van de commissie op de relatie tussen gezondheid en milieu houdt in, dat ook een aantasting van de kwaliteit van leven, zoals door voortdurende blootstelling aan geluid of geur, mogelijk op den duur tot ziekte leidt, zij het afhankelijk van allerlei factoren, waaronder individuele gevoeligheid, sociaal-economische status en leefstijl, en de gelijktijdige blootstelling aan andere milieufactoren. Sommige factoren verergeren de gezondheidseffecten, terwijl andere in omgekeerde richting werken of de effecten ten dele teniet doen. Over het verband tussen milieu en gezondheid is nog veel onbekend, maar niet ter discussie staat dat factoren als omgevingsgeluid en luchtverontreiniging de gezondheid aantasten. Vragen over de mate van aantasting en over de kwetsbare groepen in de bevolking zijn echter moeilijk te beantwoorden.

Om de mate van invloed van milieufactoren op de gezondheid aan te duiden, gebruikt de commissie classificatieschema's voor:

- P** de bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan een milieufactor en een gezondheidseffect
- P** de ernst van het effect (licht, matig, ernstig)
- P** het aantal getroffen mensen.

Voor de bewijskracht voor een oorzakelijk verband onderscheidt de commissie vier klassen: voldoende, beperkt, niet adequaat of overtuigende aanwijzingen voor het ontbreken van een verband. Een 'ernstig' effect belemmert in belangrijke mate het dagelijks functioneren en vereist in het algemeen professionele hulp. Een effect op de gezondheid wordt 'licht' genoemd als het dagelijks functioneren van mensen nauwelijks wordt beïnvloed, of als de invloed hetzij tijdelijk is, hetzij op de lange termijn gering te achten. Een matig effect ligt tussen deze twee uitersten in. Het aantal getroffen personen kan slechts zeer grof worden aangeduid. De commissie gebruikt drie klassen: gevoelige mensen, bepaalde subgroepen in de bevolking, een belangrijk deel van de blootgestelde bevolking. Deze aanduidingen worden alleen vermeld als er voor het oorzakelijk verband tussen blootstelling en effect voldoende bewijs is.

Luchtverontreiniging

De bijdragen van vliegtuigen, die van het wegkeer van en naar het vliegveld en die van verkeer met andere bestemmingen aan de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging zijn nauw met elkaar verweven. Dat komt door de verspreiding van de verontreinigende stoffen in de atmosfeer, terwijl de luchtverontreiniging ook nog wordt bepaald door bronnen elders, mogelijk zelfs ver weg. Een belangrijke conclusie is dat de niveaus van luchtverontreiniging rond grote luchthavens overeenkomen met die in stedelijke gebieden en vooral hun oorzaak vinden in uitstoot door het wegverkeer. Bij dergelijke concentraties zijn effecten op de gezondheid te verwachten, ook indien de concentraties in het algemeen onder de officiële richtwaarden blijven.

Volgens de huidige inzichten verstoort luchtverontreiniging de ademhaling, zij het bij de meeste mensen niet blijvend. Bij voortdurende blootstelling kunnen de gevolgen meer invaliderend zijn. In de nu volgende tabel is aangegeven voor welke effecten er voldoende bewijskracht is voor een oorzakelijk verband met luchtverontreiniging.

gevolg	ernst ¹	getroffenen ²
voortijdige sterfte (effect in gevoelige groepen na een episode)	***	*
verergering van luchtwegklachten en cardiovasculaire klachten na een episode (met ziekenhuisopname als gevolg)	***	*
longfunctievermindering na een episode	*	?
voortijdige sterfte (vermindering van levensverwachting) door chronische blootstelling	***	*
longfunctievermindering door chronische blootstelling	**	**
toename luchtwegaandoeningen (bronchitis) door chronische blootstelling	**	**
geurhinder door chronische blootstelling	*	***

1 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

2 * = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden

In beperkte mate bewezen effecten die optreden na een episode van luchtverontreiniging, zijn luchtwegklachten en verergering van astma. De commissie beoordeelt deze effecten respectievelijk als licht en ernstig.

Epidemiologisch onderzoek van verschillend type heeft aanwijzingen opgeleverd voor een verband tussen langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging en vermindering van levensverwachting, toegenomen sterfte aan longkanker, longfunctievermindering en een toename van luchtwegaandoeningen, in het bijzonder van bronchitis. De bewijskracht voor deze verbanden acht de commissie voldoende, zij het dat de relatie

tussen blootstelling en respons opheldering behoeft. Ook is onduidelijk in welke mate er sprake is van verergering van bestaande aandoeningen. De huidige gegevens over een verband tussen chronische blootstelling aan luchtverontreiniging en het vóórkomen van allergieën en astma hebben volgens de commissie een beperkte bewijskracht. In de lucht rond luchthavens zijn tot op heden geen voor het luchthavenbedrijf specifieke carcinogene stoffen aangetoond.

Rond luchthavens zijn slechts enkele onderzoeken uitgevoerd naar het verband tussen luchtverontreiniging en gezondheid. Ziekte- en sterftcijfers voor aandoeningen die zouden kunnen samenhangen met luchtverontreiniging, verschillen niet van die voor stedelijke gebieden. Een onderzoek in de omgeving van Schiphol toonde aan dat het aantal luchtwegklachten afneemt met toenemende afstand tot de luchthaven. Of dat samenhangt met de heersende niveaus van luchtverontreiniging, en in welke mate andere factoren een rol spelen, is onderwerp van nader onderzoek.

Onderzoek naar de gevolgen van chronische blootstelling aan geur leverde niet alleen gegevens op over hinder, maar ook aanwijzingen voor het optreden van allerehande matig ernstige somatische en psychosomatische aandoeningen. De bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen geur en deze aandoeningen acht de commissie beperkt.

De commissie constateert dat om luchtverontreiniging aan banden te leggen de industrie en het wegverkeer aan wettelijke regels zijn onderworpen. Dat geldt niet voor het vliegverkeer. Een geïntegreerde aanpak van het tegengaan van luchtverontreiniging is niet mogelijk als een belangrijke bron, te weten de uitstoot van vliegtuigen, buiten de regels blijft.

Geluid

Vliegtuiggeluid is een van de meest opvallende milieufactoren van het luchthavenbedrijf en specifiek voor een groot-vliegveldsysteem. Hoewel het systeem ook andere geluidsbronnen kent, domineert het geluid van stijgende en landende vliegtuigen, van remmende en taxiënde toestellen op de luchthaven en van het testen van vliegtuigmotoren. Op de luchthaven zelf kan ook het geluid van het grondverkeer aanzienlijk zijn en in het bijzonder voor het luchthavenpersoneel gevolgen hebben. In de omgeving van de luchthaven zal op sommige locaties wegverkeer de overheersende bron van omgevingsgeluid zijn. De ruimtelijke verdeling van de geluidsniveaus veroorzaakt door vliegtuigen hangt af van de vluchtroutes en de ligging van de start- en landingsbanen. In woonwijken nabij grote luchthavens kan het geluidsniveau een waarde van 60 dB(A) en in een enkel geval van 70 dB(A) (dag-nacht- of dag-avond-nachtniveau) te boven gaan.

Gehoorschading is een uitgebreid beschreven gevolg van blootstelling aan geluid. Binnen een groot-vliegveldsysteem is dit verschijnsel een bron van zorg voor het

luchthavenpersoneel, vooral voor de mensen die belast zijn met de vliegtuigafhandeling en die motoren testen. Slechts in uitzonderlijke gevallen zal niet-beroepsmatige blootstelling aan omgevingsgeluid tot gehoorbeschadiging leiden. De overige effecten waarvoor de commissie de bewijskracht voor een oorzakelijk verband met geluidblootstelling voldoende acht, zijn in onderstaande tabel genoemd. Effecten in blootgestelde bevolkingsgroepen worden pas bij geluidniveaus groter dan de zogeheten waarnemingsdrempel waargenomen. In de tabel staat 'slaapverstoring' voor een veelheid van verschijnselen, waaronder ontwaken, veranderingen van slaapstadium en slaappatroon, veranderingen in hartslag en invloed op de stemming de volgende dag. Voor een beïnvloeding van de prestaties de volgende dag en veranderingen in hormoonspiegels ten gevolge van nachtelijk geluid is de bewijskracht beperkt.

gevolg	ernst ¹	betrokkenen ²	waarnemingsdrempel
hypertensie	**	**	eq. geluidniveau buiten (06-22 uur) van 70 dB(A)
ischemische hartziekte	***	*	eq. geluidniveau buiten (06-22 uur) van 70 dB(A)
hinder	*	***	dag-nachtniveau buiten van 42 dB(A) ³
slaapverstoring	**	***	afhankelijk van het effect een SEL-waarde binnen van 35-50 dB(A) ⁴
leerprestaties	**	**	eq. geluidniveau buiten (schooluren) van 70 dB(A)

1 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

2 * = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden

3 waarnemingsdrempel voor 'ernstige hinder'; het dag-nachtniveau is het equivalente geluidniveau gedurende een etmaal, waarbij bij de niveaus gedurende de nacht (periode van 23-07 uur) 10 dB(A) is opgeteld.

4 SEL is het equivalente geluidniveau gedurende een geluidgebeurtenis, genormaliseerd op een periode van 1 seconde

Verschillende andere effecten zijn in verband gebracht met blootstelling aan geluid: verminderde prestaties, biochemische effecten, achteruitgang van het immuunsysteem, een lager geboortegewicht, psychische klachten en aantasting van welzijn. Het bewijs voor die verbanden is echter beperkt. Alle zojuist genoemde effecten beoordeelt de commissie als licht, met uitzondering van psychische klachten (ernstig) en invloed op geboortegewicht en welzijn (matig). Er zijn geen aanwijzingen dat blootstelling van zwangeren kan leiden tot aangeboren afwijkingen.

Met uitzondering van gehoorbeschadiging, hangen de gezondheidseffecten van geluid af van de beoordeling van het geluid door de blootgestelde en van de vegetatieve reacties die het geluid oproept. Sommige effecten, zoals hoge bloeddruk en hart- en vaatziekten, kunnen een direct gevolg zijn van de wijze waarop het organisme de

blootstelling verwerkt, andere zijn mogelijk een gevolg van het optreden van aan de blootstelling gerelateerde hinder. Hinder is een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwetstheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt.

Blootstelling aan geluid is slechts een van de factoren die de hinder bepaalt. Uit onderzoek blijkt dat vliegtuiggeluid als hinderlijker wordt ervaren dan geluid van weg- en treinverkeer bij de zelfde dag-nachtniveaus. Ook de mate van verontrusting over vliegtuigongevallen is van invloed. Andere zogeheten niet-akoestische factoren die een rol spelen, zijn de mate van openheid van het luchthavenbedrijf of van de overheid en de wijze waarop de overheid de milieunormen handhaaft. Deze factoren kunnen zowel de hinder verminderen (meer openheid, strenge handhaving) als doen toenemen.

Nieuw onderzoek heeft eerdere bevindingen van een negatieve invloed van vliegtuiggeluid op leerprestaties van kinderen bevestigd. De commissie beveelt nader onderzoek aan om het verband tussen blootstelling en effect op te helderen en na te gaan wat de gevolgen zijn op lange termijn.

Veiligheid

Bij het onderwerp veiligheid in relatie tot luchthavens denkt men meestal in de eerste plaats aan neerstortende vliegtuigen. Maar ook andersoortige ongevallen kunnen plaatsvinden (en hebben plaatsgevonden), zoals ongevallen bij het innemen van brandstof en bij vliegtuigonderhoud, ernstige branden in aankomst- en vertrekhallen of in terminak voor vliegtuig-, trein- en buspassagiers. Ook terroristische acties bij luchthavens vormen een veiligheidsrisico. Ongevallen kunnen ook elders in een groot-vliegveldsysteem optreden: verkeersongevallen, ernstige bedrijfsstoringen en brand, etc.

De commissie gaat alleen nader in op vliegtuigongevallen. De kans op een ongeval is het grootst tijdens de start- en landingsfase. Ze hangt verder af van het soort vliegtuig, het gewicht, de staat van onderhoud en van het weer. Het beheersen van de kwaliteit van bedrijfssystemen en -organisaties die zijn betrokken bij de luchtvaart en de luchtvaartveiligheid, is bepalend voor het ongevalsrisico. Dat geldt in gelijke mate voor vliegtuigbemanning, luchtverkeersleiding, vliegmaatschappijen en de diverse veiligheids- en hulpdiensten.

In de afgelopen decennia verongelukten wereldwijd elk jaar gemiddeld ongeveer 50 vliegtuigen, hetgeen leidde tot ongeveer 1500 dodelijke slachtoffers per jaar, waaronder 35 personen uit de bevolking ter plaatse van het ongeval. Deze getallen geven duidelijk aan dat de slachtoffers in de eerste plaats vallen onder de bemanning en de passagiers. Becijferd per vlieguur, is vliegen met grote luchtvaartmaatschappijen veiliger dan de algemene (niet commerciële) luchtvaart.

Vliegtuigongevallen zijn zeldzame gebeurtenissen, gezien tegen de achtergrond van het grote aantal vluchten. Thans bedraagt de kans op een *crash* in de nabijheid van een grote luchthaven ongeveer één tot twee per miljoen vliegbewegingen (starts en landingen). Naar berekening zullen in de nabijheid van een grote luchthaven gemiddeld grofweg 1 à 2 vliegtuigen per tien jaar verongelukken.

Toepassing van het classificatiesysteem van de commissie leidt tot de uitspraak dat vliegtuigongevallen vóórkomen (voldoende bewijskracht), dat de gevolgen ernstig zijn en dat de hele bevolking in een groot-vliegveldsysteem een zeker risico loopt, zij het dat het aantal daadwerkelijke slachtoffers zeer klein is.

Het zogeheten individueel risiconiveau voor mensen die rond een vliegveld wonen, werken of reizen is gering (de kans om door een vliegtuigongeval te worden getroffen is extreem klein) en hangt in samenhang met de aan- en afvliegroutes sterk af van de locatie. Het gebied waar de berekende kans om bij voortdurend verblijf op een bepaalde locatie door een vliegtuigongeval te overlijden meer is dan 1 op de 10 000 per jaar blijft beperkt tot het luchthaventerrein, in de directe omgeving van de start- en landingsbanen. Woonlocaties waar het individuele risico ligt tussen 1 op de 100 000 en 1 op de miljoen per jaar blijken voor te komen rond luchthavens. In Nederland mogen rond industriële installaties nieuwe huizen alleen worden gebouwd indien het berekende individuele risico een waarde van 1 op de miljoen per jaar niet te boven gaat.

Bodem- en waterverontreiniging

Lekkende ondergrondse opslagtanks en pijpleidingen, morsen van brandstof of lekkage tijdens het bijtanken van vliegtuigen, het wassen van toestellen en andere voertuigen, en brandweertraining waarbij brandvertragers worden toegepast zijn voorbeelden van bronnen van water- en bodemverontreiniging. Als preventieve maatregelen zijn genomen, zijn de gevolgen voor de gezondheid gering. Een luchthaven-specifieke bron van verontreiniging is het bestrijden van ijsvorming op vliegtuigdelen en start- en landingsbanen. In de praktijk blijkt de kans op gezondheidseffecten door blootstelling aan de hierbij gebruikte stoffen gering.

Import van infectieziekten door luchtverkeer

Het wereldwijde luchtvervoer vergroot de mogelijkheid dat infectieziekten van het ene land naar het andere worden overgebracht. Een voorbeeld is 'vliegveldmalaria', besmetting van mensen door met *Plasmodium falciparum* geïnfecteerde muggen die meegevoerd zijn vanaf vliegvelden elders. Het aantal tot op heden geregistreerde gevallen is gering, maar de commissie raadt, gegeven de wereldwijde toename van het vliegverkeer, luchthavenbedrijven en vliegmaatschappijen aan alert te zijn op dit fenomeen.

Arbeidsomstandigheden

Werkzaamheden in de omgeving van een luchthaven verschillen niet wezenlijk van werk elders. Voor het luchtvaartbedrijf kan dat anders liggen. Zo blijken onder grondpersoneel meer klachten over het bewegingsapparaat voor te komen dan in het algemeen onder de beroepsbevolking. Onder piloten is de sterfte ten gevolge van vliegtuigongevallen verhoogd, maar dat is niet het geval voor andere doodsoorzaken. Men zou verwachten dat luchtverkeersleiders en vliegtuigbemanningen meer klagen over vermoeidheid en werkdruk, maar dat wordt niet gestaafd door onderzoeksgegevens. Hoewel de bedrijvigheid in een groot-vliegveldsysteem de gezondheid van de werknemers beïnvloedt, verschilt het beroepsrisico hier niet wezenlijk van dat in andere bedrijfstakken.

Geïntegreerde beoordeling van effecten op de gezondheid

Mensen in een groot-vliegveldsysteem staan bloot aan diverse milieufactoren tegelijk: bijvoorbeeld aan luchtverontreiniging en aan geluid en aan ongevalsrisico. Zij kunnen die blootstelling in het dagelijks leven — werken, boodschappen doen, naar school gaan — niet ontlopen. Daar komt ook nog een wisselwerking tussen de milieufactoren bij: zo kan bezorgdheid over vliegtuigongevallen de geluidhinder versterken en omgekeerd. Andere factoren zullen ook hun invloed uitoefenen op de uiteindelijke gevolgen. Het aanzicht van de omgeving kan zowel in positieve als negatieve zin werken, afhankelijk van, bijvoorbeeld, de wijze waarop de verkeersinfrastructuur in het landschap is ingepast. Ook de beschikbaarheid van voorzieningen, zoals winkels, openbaar vervoer, parken en scholen, is van invloed op het oordeel van mensen over hun leefomgeving en zal de gezondheidseffecten van factoren als geluid en geur, die vooral via psycho-sociale mechanismen werkzaam zijn, mede bepalen. Maatregelen die bij mensen het gevoel versterkt baas te zijn over de eigen leefomgeving, kunnen in dit verband een gunstige uitwerking hebben.

Er zijn geen publicaties met resultaten van geïntegreerde beoordelingen van de invloed van grote luchthavens op de gezondheid. Daardoor is het de commissie niet mogelijk om een direct antwoord op de vraag van de bewindslieden te geven. De lopende Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol is in feite een uitzondering op wat volgens de commissie regel zou moeten zijn. Op grond van dergelijk onderzoek kunnen immers effectieve en doelmatige maatregelen ter bescherming van de gezondheid worden genomen. De commissie bepleit het als regel uitvoeren van gezondheidseffectbeoordelingen om mede richting te geven aan de verdere ontwikkeling van de burgerluchtvaart.

Toekomst

De ontwikkeling van luchthavens en de luchtvaart beïnvloedt het leven van velen. De beslissingen die als onderdeel van die ontwikkelingen moeten worden genomen, hebben een strategisch karakter en vereisen daarom zorgvuldig overleg en toegesneden besluitvormingsprocedures, waarbij alle partijen, met inbegrip van de mensen die rondom een luchthaven wonen, zijn betrokken. Het zal vaak lastig zijn om de uiteenlopende visies op gezondheid en gezondheidseffecten te verenigen en mede zo consensus te bereiken over de noodzaak en wenselijkheid van de voorgestelde ontwikkeling. Toch preferereert de commissie een structuur waarin de uiteenlopende visies kunnen worden besproken, boven een autoritaire wijze van besluitvorming. Het is onvermijdelijk dat bij de uiteindelijke besluitvorming ook het mobiliteitsbeleid wordt betrokken, met als doel het luchtvervoer in te passen in een strategie voor duurzaam vervoer.

Bij het beheersen van gezondheidsrisico's zijn twee benaderingen te onderscheiden. Eén strategie omvat het vaststellen van plaatsgebonden milieukwaliteitsnormen (zoning), die door de overheid worden gehandhaafd. De andere benadering houdt in dat alle betrokkenen 'onderhandelen' over een samenhangend pakket van maatregelen waarbij de negatieve invloed van een factor als geluid, niet alleen wordt beperkt door geluidreducerende maatregelen, maar ook wordt gecompenseerd door verbeteringen in de landschappelijke kwaliteit, door de kwaliteit van voorzieningen in woonwijken, door een open communicatie tussen de betrokken partijen over de ontwikkeling en andere bedrijvigheden in het groot-vliegveldsysteem en de gevolgen van die ontwikkeling en over maatregelen om de blootstelling aan geluid en luchtverontreiniging te verminderen. In de praktijk zullen beide strategieën vermoedelijk een plaats krijgen, waarbij de 'mix' afhankelijk is van de heersende politieke cultuur.

Op het gebied van de luchtvaarttechnologie zijn vernieuwingen noodzakelijk teneinde de groei van het luchtvervoer te kunnen accommoderen. Op dit ogenblik raakt het luchtruim rond verscheidene grote luchthavens reeds 'vol', hetgeen de kans op ongevallen en bijna-ongevallen vergroot. Ook is vernieuwing nodig om de gezondheidseffecten van de zich uitbreidende luchthavenactiviteiten te verminderen of in elk geval niet te laten groeien. De commissie beveelt aan de technologische ontwikkeling vergezeld te laten gaan van technologisch-aspectenonderzoek waarin expliciet de milieu- en gezondheidseffecten op korte en lange termijn aan bod komen.

Gegeven de vele partijen die bij het in stand houden van een groot-vliegveldsysteem zijn betrokken en gegeven de wisselwerking tussen de diverse maatregelen ter inperking van ongewenste gezondheidseffecten, beveelt de commissie aan dat de consequenties van alle ontwikkelingen op een geïntegreerde manier worden gevolgd en beoordeeld.

Over de structuur van zo'n geïntegreerd risicobeheersingsstelsel moet de politiek beslissen. Wil het effectief zijn, dan is een draagvlak bij de betrokken partijen noodzakelijk, evenals de bereidheid om op tijd de benodigde gegevens aan te leveren.

Inleiding

1.1 De twee zijden van een medaille

In 1903 waren de gebroeders Wright de eersten die een succesvolle vlucht maakten in een bestuurbaar, gemotoriseerd voertuig dat zwaarder was dan lucht. Een kwart eeuw later, in mei 1927, schreef Charles Lindbergh geschiedenis door als eerste non-stop via de lucht de Atlantische Oceaan over te steken. Daarmee was het internationale luchtverkeer een feit. Sindsdien breidde de luchtvaart zich snel uit en op de drempel van de 21ste eeuw volgen vele duizenden de paden die door de Wrights en Lindbergh zijn gemarkeerd. De burgerluchtvaart vervoert jaarlijks vele miljoenen mensen over de aardbol. Zakenreizen per vliegtuig en luchtvracht vormen hoekstenen van de wereld-economie en luchtvervoer speelt een sleutelrol in het internationale toerisme. Luchttransport staat in hoog aanzien, omdat het voor een aanzienlijk aantal mensen een bron van inkomsten is. De luchtvaart brengt goederen op plaatsen die daar anders van verstoken zouden blijven, laat mensen nieuwe ervaringen opdoen en versterkt bestaande familie- en vriendschapsbanden.

De luchtvaartmedaille heeft ook een minder glimmende kant. De luchtvaart heeft directe gevolgen voor de kwaliteit van het milieu en de gezondheid; deze gevolgen zijn het onderwerp van dit rapport. Bezien op lange termijn en in een wereldwijd perspectief valt op dat het vliegverkeer de enige activiteit is die leidt tot rechtstreekse emissies van verbrandingsgassen in de bovenste lagen van de atmosfeer. De gevolgen daarvan zijn niet goed bekend, maar beïnvloeden naar veronderstelling op wereldschaal het klimaat.¹²²⁾ Het massatoerisme dat door de luchtvaart mede mogelijk werd, komt vooral

aan bevolkingsgroepen in het geïndustrialiseerde deel van de wereld ten goede, maar kan het voortbestaan van culturen bedreigen. Het luchtvaartstelsel verbruikt grondstoffen niet op basis van duurzaamheidscriteria, maar rekening houdend met kosten-batenafwegingen op de korte termijn. De 'kosten' voor milieu en gezondheid van de luchtvaart worden maar ten dele in de vervoerstarieven doorberekend. ^{14), 62), 63), 122)} Deze aspecten, die vooral op termijn van invloed zijn en een wereldwijd karakter hebben worden, hier niet besproken. Vragen over de gevolgen van het wereldwijde vervoer van mensen en goederen zijn echter van zeer groot belang en de antwoorden op die vragen zijn bepalend voor de maatregelen die kunnen worden genomen om de gezondheid en het milieu duurzaam te beschermen.

De knooppunten van het wereldwijde luchtvervoersnetwerk zijn de grote luchthavens; daar voeren steeds meer vliegtuigen steeds grotere aantallen mensen af en aan. Op deze grote luchthavens arriveren en vertrekken tot tegen de 100 miljoen reizigers per jaar en vinden jaarlijks tot tegen een miljoen vliegbewegingen plaats (hoofdstuk 2). Deze getallen zullen in de komende decennia groter zijn, als de groei van ongeveer vijf procent per jaar aanhoudt.

Het milieu in de omgeving van de luchthaven moet al die activiteit kunnen opvangen. Mens en natuur zijn blootgesteld aan de uitlaatgassen van het lucht- en wegverkeer, aan stank, aan vliegtuig- en wegverkeerslawaai en hebben te maken met een toenemende verstedelijking. Ernstige ongevallen, zoals neerstortende vliegtuigen en branden, zijn, hoewel zeldzaam, deel van het luchthavenbedrijf en dit ongevalsrisico laat mensen niet onberoerd. Het luchthavenbedrijf genereert economische en sociale baten, maar tast ook de gezondheid en kwaliteit van leven aan van de mensen die op of in de omgeving van de luchthaven wonen en werken.

1.2 Adviesaanvraag

In het kader van de besluitvorming over de toekomst van de Nederlandse luchtvaartinfrastructuur, en in het bijzonder de ontwikkeling van de nationale luchthaven Schiphol, vroegen de bewindslieden van volksgezondheid, van milieu en van verkeer de Gezondheidsraad de gezondheidseffecten van grote luchthavens te beschrijven. Op 14 februari 1998 schreef de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport het volgende aan de Voorzitter van de Gezondheidsraad:

Zoals u bekend is, wordt op allerlei niveaus — en ook in het kabinet — nog steeds intensief gesproken over de toekomst van de Nederlandse luchtvaart en de daarbij nodige capaciteit. Ik zou het op prijs stellen als ik, mede ten behoeve van met name mijn collega's van VROM en van V&W, van u een korte rapportage zou mogen ontvangen over de stand van de wetenschap op het punt van de mogelijke gezondheidseffecten van grote luchthavens.

Ik realiseer mij terdege dat het tijdsbestek waarbinnen ik u vraag mij van advies te dienen erg kort is. Het ligt derhalve in de rede in overweging te nemen of het inzicht op een andere dan de gebruikelijke wijze verschaft zal kunnen worden. Het organiseren van een seminar met een aantal ter zake deskundigen, waar een zoveel mogelijk gemeenschappelijk oordeel gevormd kan worden over de aan grote luchthavens gerelateerde gezondheidseffecten, lijkt mij een geschikt instrument, dat in een dergelijke overweging meegenomen zou kunnen worden.

Vervolgens kwamen de minister en de raadsvoorzitter overeen om te streven naar een advies in het voorjaar van 1999.

1.3 Commissie en werkwijze

Commissie

De discussie over de toekomst van de Nederlandse luchtvaartinfrastructuur gaat vooral over de uitbreiding van Schiphol, maar de brief van de minister rept slechts van de gezondheidseffecten van grote luchthavens in het algemeen. Om die reden achtte de Voorzitter van de Gezondheidsraad het aangewezen om in lijn met de suggestie van de minister een internationale groep van deskundigen bijeen te roepen om het advies voor te bereiden. De genodigden kwamen bijeen tijdens een driedaagse werkconferentie in de Abdij van Rolduc te Kerkrade in maart 1999. De leden van de commissie die het voorliggende rapport heeft opgesteld en de overige deelnemers aan de werkconferentie zijn in bijlage A vermeld.

Medewerkers van het Secretariaat van de Gezondheidsraad begonnen met de voorbereiding van het advies tegen het einde van de zomer van 1998. Allereerst werd de relevante wetenschappelijke literatuur verzameld en werd een begin gemaakt met het selectieproces van commissieleden.

Literatuur

Het secretariaat verzamelde recente publicaties over de gezondheidseffecten van milieufactoren, voor zover van belang in relatie tot het luchthavenbedrijf. In de in bijlage B opgesomde verzameling gegevensbestanden is naar informatie gezocht met behulp van in die bijlage vermelde trefwoorden. Het verkregen materiaal werd door de secretariatsmedewerkers gesift op relevantie voor het op te stellen advies. Daarbij viel het op dat slechts weinig bruikbare publicaties te vinden waren onder de titel 'gezondheid & luchthavens'. De commissieleden reikten aanvullende literatuur aan. Daarnaast zijn recente overzichtspublicaties geraadpleegd, en is zo nodig de daarin aangehaalde originele literatuur opgevraagd.

Het secretariaat gebruikte het aldus verkregen materiaal om vergaderstukken voor de werkconferentie in Rolduc op te stellen en vervolgens voor het concipiëren van het advies.

Betrokkenheid van commissieleden en andere deskundigen

De Voorzitter van de Gezondheidsraad vroeg medewerkers van Nederlandse universiteiten en onderzoekinstellingen en enkele anderen om zitting te nemen in een voorbereidingscommissie. Deze groep gaf aanwijzingen voor het werk van het secretariaat en stelde commissieleden van buiten Nederland voor. De commissie die het voorliggende rapport heeft opgesteld, bestond uit de leden van de voorbereidingscommissie en buitenlandse deskundigen. De laatsten zijn door medewerkers van het secretariaat geïnterviewd en het resulterende commentaar is gebruikt bij de voorbereiding van de werkconferentie in Rolduc. Om het spectrum van inzichten en zienswijzen te verbreden, werden nog enige andere buitenlandse wetenschappers uitgenodigd om aan de werkconferentie deel te nemen. Na de bijeenkomst in Rolduc rondde de commissie via correspondentie het advies af.

Heathrow, München en Berlijn

Medewerkers van het secretariaat bestudeerden de ontwikkeling bij drie luchthavens om inzicht te verkrijgen in de wijze waarop in de praktijk aandacht aan de invloed van het luchthavenbedrijf op de gezondheid wordt besteed. Het ging om:

- P** London Heathrow - de plannen om een nieuwe passagiersterminal (Terminal 5) aan te leggen
- P** de Flughafen München Franz Jozef Strauss - een nieuw vliegveld dat in 1992 zijn poorten opende
- P** Berlin Brandenburg International - de voorbereiding van een reconstructie van Berlin Schönefeld tot de hoofd-luchthaven van Berlijn in het begin van de volgende eeuw.

Het verslag van de drie 'case studies' is opgenomen in bijlage C.

Inspraak

Op 23 oktober 1998 plaatste de Gezondheidsraad een advertentie in de Staatscourant. Daarin beschreef de Raad de aanpak van de beantwoording van de adviesaanvraag en verzocht hij belangstellenden gegevens en gezichtspunten aan te dragen die behulpzaam zouden kunnen zijn bij de aan de Gezondheidsraad gevraagde wetenschappelijke

beoordeling. Diverse instanties, waaronder Amsterdam Airport Schiphol, de KLM, milieugroeperingen, bewonersorganisaties, gemeenten in de omgeving van Schiphol en gemeentelijke gezondheidsdiensten werden ook rechtstreeks benaderd met dezelfde vraag. De ontvangen reacties zijn bestudeerd door de Nederlandse leden van de commissie en betrokken bij het voorbereiden van het voorliggende advies. In juli 1999 ontvingen personen en instanties die eerder hadden gereageerd, concepten van de eerste drie hoofdstukken van het advies en de inhoudsopgave van de overige onderdelen. Zij werden in de gelegenheid gesteld aanvullende informatie te verschaffen. Dat materiaal is gebruikt om de tekst in de beginhoofdstukken te verhelderen en betrokken bij het redigeren van de uiteindelijke tekst van het advies.

1.4 Advies

De commissie benadert het vraagstuk van de invloed van grote luchthavens op de gezondheid op een integrale wijze, voor zover de beschikbare kennis en gegevens daartoe toereikend zijn. In de hoofdstukken 2 and 3 beschrijft zij het kader voor het bespreken van die invloed. De hoofdstukken 4 tot en met 7 gaan over het effect van afzonderlijke milieufactoren. In hoofdstuk 7 komen ook beroepsrisico's aan bod en bespreekt de commissie 'risicoperceptie'. In hoofdstuk 8 tracht ze haar bevindingen te integreren. Hoofdstuk 9, ten slotte, bevat aanbevelingen voor het beheersen van milieu- en gezondheidsrisico's verbonden met het groot-luchthavenbedrijf als onderdeel van een expanderende luchtvaartindustrie.

Het groot-vliegveldsysteem

2.1 Burgerluchtvaart

Luchthavens en het luchthavenbedrijf vormen onderdeel van het systeem van de burgerluchtvaart*. Dat systeem voorziet in het vervoer van mensen en goederen naar verschillende plaatsen in de wereld. De vervoersafstanden zijn meestal langer dan 300 kilometer, maar kortere afstanden komen ook voor, afhankelijk van de geografie en de beschikbaarheid van andere vervoermiddelen.

Gedurende de afgelopen tien jaar groeide de burgerluchtvaart met ongeveer vijf procent per jaar in termen van het aantal passagiers en gevlogen kilometers. Uit cijfers van de Internationale Organisatie voor de Burgerluchtvaart (ICAO) blijkt dat wereldwijd de reguliere luchtvaartmaatschappijen in 1997 tezamen een bedrijfswinst boekten van ongeveer 6 procent van de inkomsten, overeenkomend met US\$ 17 miljard. Tabel 1 geeft enkele cijfers over het vervoer door de lucht.

* Activiteiten van de luchtmacht en militaire vliegvelden blijven buiten beschouwing.

Tabel 1 Gegevens over de wereldwijde burgerluchtvaart in 1988 en 1997 (bron: ICAO, Persbericht PIO 04/98).

vluchten volgens dienstregeling	1988	1997	% toen. ^a
passagiers (miljard)	1,1	1,5	3,3
vracht (miljoen ton)	17	26	4,8
gevlogen passagiers-km (1000 miljard)	1,7	2,6	4,7
beschikbare stoel-km (1000 miljard)	2,5	3,7	4,4
beladingsgetal (percentage bezette stoelen)	68	69	0,2
vracht (miljard ton-km)	53	100	7,2
post (miljard ton-km)	4,8	6	2,4
passagiers, vracht en post tezamen (miljard ton-km)	212	341	3,9

^a gemiddelde toename per jaar in procenten

Naar verwachting zet de groei van de luchtvaart in de volgende eeuw door, gegeven de toenemende globalisering van de economie en de groeiende neiging van mensen in geïndustrialiseerde landen om te reizen naar verre bestemmingen. Daarmee gaat een herstructurering van de luchtvaartindustrie gepaard, die mede is gestimuleerd door een ‘terugtrekkende overheid’. De productie van grote vliegtuigen voor de burgerluchtvaart is in handen van twee firma’s, luchtvaartmaatschappijen werken steeds meer samen en een handvol wereldwijde allianties is al vrijwel realiteit, terwijl, mede daardoor, de structuur van de vliegroutes de vorm aanneemt van een wereldwijd netwerk dat grote luchthavens (*hubs*) verbindt. Een kenmerk van een *hub* is de grote fractie transfer-passagiers, die aankomen uit of vertrekken naar kleinere vliegvelden via de ‘spaken’ van het luchtvaart-netwerk. Deze ontwikkeling is gestimuleerd door overheidsbeleid. Zo moet Schiphol volgens de Nederlandse regering uitgroeien tot een *mainport*; in feite moet de Nederlandse nationale luchthaven dus de rol van een knooppunt in het wereldwijde luchtvaartnetwerk spelen, wat betekent dat grote aantallen passagiers op de luchthaven aankomen en vertrekken, waaronder veel transferpassagiers. Dat beleid is ingegeven door de verwachte economische voordelen van een ‘mainport’-vliegveld.

2.2 Grote luchthavens

‘Grote luchthavens’ komen in dit advies overeen met de knooppunten (*hubs*) van het wereldwijde luchtvaartnetwerk. Op zo’n luchthaven vertrekken en landen jaarlijks verscheidene honderdduizend vliegtuigen, die ten minste enkele tientallen miljoenen passagiers vervoeren. Uit tabel 2 en tabel 3 blijkt dat de meeste grote vliegvelden zijn gelegen in de Verenigde Staten. De rangordening op basis van het aantal

vliegbewegingen verschilt van die op basis van het aantal passagiers; in de VS is het aandeel van kleine vliegtuigen (algemene luchtvaart, luchttaxi's) groter dan in Europa.

Tabel 2 Vliegvelden in volgorde van het totaal aantal vliegbewegingen in 1998 (starts en landingen); 20 grootste vliegvelden en de 4 grootste Europese vliegvelden (vet).⁶⁾

rang	luchthaven	vliegbewegingen
1	Chicago, IL, USA	897.354
2	Atlanta, GA, USA	846.881
3	Dallas/Ft Worth Airport, TX, USA	836.079
4	Los Angeles, CA, USA	773.569
5	Detroit, MI, USA	542.440
6	Phoenix, AZ, USA	537.822
7	Miami, FL, USA	536.262
8	Boston, MA, USA	507.449
9	Oakland, CA, USA	506.628
10	Minneapolis/St Paul, MN, USA	482.776
11	Long Beach, CA, USA	471.583
12	Las Vegas, NV, USA	470.707
13	Philadelphia, PA, USA	469.655
14	Denver, CO, USA	464.429
15	Newark, NJ, USA (geschat)	451.600
16	London Heathrow, GB	451.371
17	Pittsburgh, PA, USA	451.060
18	Houston, TX, USA	447.701
19	Cincinnati, OH, USA	445.130
20	Charlotte, NC, USA	441.635
22	Paris Charles de Gaulle, F	427.691
25	Frankfurt, D	416.227
27	Amsterdam Schiphol, NL	392.715

Een luchthaven en alle bijkomende bedrijvigheid vormen een gecompliceerd systeem. In figuur 1 zijn de diverse bij het functioneren van dat systeem betrokken partijen aangeduid. Rechtsonder in de figuur zijn de bevolkingsgroepen aangegeven die direct iets van al die bedrijvigheid op en rondom de luchthaven merken.

Tabel 3 Vliegvelden in volgorde van het totaal aantal passagiers (aankomend + vertrekkend + transfer; de laatsten worden eenmaal geteld); 20 grootste vliegvelden; Europese vliegvelden in vet lettertype.⁷⁾

rang	luchthaven	aantal passagiers
1	Atlanta, GA, USA	73.474.298
2	Chicago, IL, USA	72.369.951
3	Los Angeles, CA, USA	61.216.072
4	London Heathrow, GB	60.659.500
5	Dallas/Ft Worth Airport, TX, USA	60.482.700
6	Tokyo, Jp	51.240.704
7	Frankfurt, D	42.734.178
8	San Francisco, CA, USA	40.059.975
9	Paris Charles de Gaulle, F	38.628.916
10	Denver, CO, USA	36.817.520
11	Amsterdam Schiphol, NL	34.420.143
12	Miami, FL, USA	33.935.491
13	Newark, NJ, USA (geschat)	32.445.000
14	Phoenix, AZ, USA	31.771.762
15	Detroit, MI, USA	31.544.426
16	New York JFK, NY, USA (geschat)	31.295.000
17	Houston, TX, USA	31.025.726
18	Las Vegas, NV, USA	30.217.665
19	Seoul, Korea	29.429.044
20	London Gatwick, GB	29.173.257

De partijen die hier worden bedoeld, omvatten:

- P** beleidsorganen en inspecties van internationale, nationale en lokale overheden
- P** de luchthavenautoriteit en de luchthavendiensten
- P** luchtverkeersleiding
- P** vliegmaatschappijen
- P** fabrikanten van vliegtuigen
- P** bedrijven in de omgeving van de luchthaven*
- P** aan de luchthaven en de luchtvaart gerelateerde bedrijven elders
- P** personeel van de luchthaven, de luchtvaartmaatschappijen en van bedrijven elders, en hun vertegenwoordigers

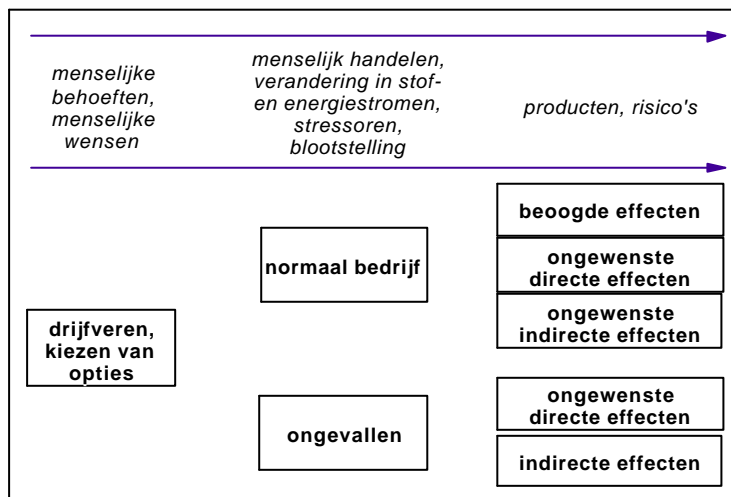
* Sommige bedrijven in de omgeving van een luchthaven hebben een directe relatie met het luchtvervoer — bijvoorbeeld ‘catering’-bedrijven of afhandeling van vracht — andere hebben zich bij de luchthaven gevestigd vanwege de gunstige ligging voor het vervoer van producten of voor zakenreizen.

van dat systeem op milieu en gezondheid hangt af van de manier waarop de diverse partijen, met inbegrip van de lokale bevolking, met elkaar samenwerken en overleggen. Omdat verscheidene van de betrokken partijen supra-nationale organisaties zijn, hebben maatregelen om de gezondheidseffecten van grote luchthavens te beheersen noodzakelijkerwijs een internationaal karakter.

2.3 Normaal bedrijf en ongevallen

Met betrekking tot de invloed van het luchthavenbedrijf in de brede betekenis van het woord en van andere bedrijvigheid in de omgeving van een luchthaven kan onderscheid wordt gemaakt tussen risico's bij normaal bedrijf en risico's bij ongevallen (figuur 2).

Kiest men de geschikte middelen om een activiteit te verrichten, dan verkrijgt men in het ideale geval de gewenste resultaten zonder dat schade of verlies ontstaat. Een luchthaven waar alle vliegtuigen op tijd landen en vertrekken, waar de veiligheid van de passagiers voor 100 procent is gegarandeerd en waar de mensen in de omgeving slechts de economische vruchten van de luchthaven plukken zonder enige aantasting van hun kwaliteit van leven, is een voorbeeld van zo'n ideale situatie. De werkelijkheid is anders. Vliegtuigen vertrekken of landen te laat, werknemers raken gewond bij het laden van bagage en de kwaliteit van leven van mensen in de omgeving wordt onder meer aangetast door luchtverontreiniging en vliegtuiglawaai. Het tijdspatroon van deze invloeden kan verschillen maar enige schade, hoewel in principe te voorkomen, is in de praktijk onvermijdelijk en wordt getolereerd, zij het niet noodzakelijkerwijs door alle betrokken partijen in dezelfde mate.



Figuur 2 Oorzaak-gevolgketen van het ontstaan van risico's.⁹⁵⁾

De normale gang van zaken kan ook ernstig zijn verstoord: een ongeval. Ongevallen hebben in het algemeen een lage kans van optreden en een betrekkelijk groot effect. Voorbeelden zijn neerstortende vliegtuigen en branden in luchthaventerminals. Hoewel de grens tussen normaal bedrijf en ongevallen niet altijd scherp te trekken is, is het onderscheid in de praktijk, en ook in het kader van dit advies, nuttig. Ongevallen zijn geen grillen van een hogere macht. Ze zijn, althans in principe, te voorkomen, hoewel in de praktijk de ongevalskans nooit nul zal zijn. Met voldoende middelen en inspanning is het echter mogelijk zowel de kans op een ongeval als de gevolgen aanzienlijk in te perken.

In tabel 4 zijn de verschillende effecten die samenhangen met het luchthavenbedrijf gerangschikt naar normaal bedrijf en ongevallen. Niet alle effecten worden in dit advies besproken. De nadruk ligt op 'lokale' gezondheidseffecten. In tabel 5 zijn voorbeelden gegeven van ongevallen op en bij een grote luchthaven. Ook terroristische acties zijn in de tabel opgenomen, ook al vormt de schade uit het oogpunt van de terroristen geen ongeluk. Vanuit het gezichtspunt van bijvoorbeeld de luchthavenautoriteit hebben dergelijke acties echter alle kenmerken van een ongeval: ernstige directe en indirecte effecten van onbekende aard en op een onbekend tijdstip.

Tabel 4 Effecten van het luchthavenbedrijf volgens de indeling van figuur 2.

<i>normaal bedrijf, bedoelde effecten</i>	veilig luchtvervoer (voldoen aan de vervoersbehoefte) economische groei financieel gewin voor de aandeelhouders van de luchthaven werkgelegenheid het stimuleren van verbeteringen in onder andere luchthavenactiviteiten en passagiersdiensten (indirect effect)
<i>normaal bedrijf, ongewenste directe effecten</i>	verwondingen bij het werk en beroepsziekten schade aan vliegtuigen en luchthavenvoorzieningen invloed op het milieu invloed op de gezondheid en de kwaliteit van leven van bevolkingsgroepen
<i>normaal bedrijf, ongewenste indirecte effecten</i>	uitputting van milieu-hulpbronnen plaatselijke aantasting van het milieu wereldwijde milieu-effecten
<i>verstoord bedrijf (ernstige ongevallen), ongewenste directe effecten</i>	verwondingen en sterfte onder de betrokken bevolkingsgroepen gezondheidseffecten op de lange termijn (inclusief psychologische effecten) materiële schade
<i>verstoord bedrijf (ernstige ongevallen) indirecte effecten</i>	negatieve invloed op een gezonde economische bedrijfsvoering het stimuleren van verbeteringen in onder meer vliegtuigconstructie, en in luchthavenconstructie en -bedrijf

Tabel 5 Voorbeelden van ongevallen die zich in een groot-vliegveldsysteem kunnen voordoen.

ongeval met een vliegtuig bij het opstijgen of het landen
vliegtuigongevallen tijdens het taxiën en 'at the gate' tijdens het bijtanken en herbevoorraden
ongevallen tijdens vliegtuigonderhoud
verkeersongevallen op de luchthaven
brand (of andere ernstige ongevallen) in aankomst- en vertrekhallen en passagiersterminals
ongevallen nabij de luchthaven
terroristische acties

2.4 Groot-vliegveldsysteem en milieufactoren

Het voorliggende advies gaat over gezondheidseffecten op en in de omgeving van luchthavens. De uitdrukking 'de omgeving van een luchthaven' heeft betrekking op het gebied waar het luchthavenbedrijf zijn invloed doet gelden, dat wil zeggen waar die

invloed min of meer voortdurend merkbaar is in het dagelijks leven. Het gaat grofweg om een gebied binnen een straal van enkele tientallen kilometers om een luchthaven: het zogeheten *groot-vliegveldsysteem*.

Binnen een groot-vliegveldsysteem zijn economische, ecologische en welzijnsaspecten te onderscheiden. De wetten van de economie bepalen de levensvatbaarheid van het luchthavenbedrijf en de middelen die beschikbaar zijn om gezondheidsrisico's in te perken (zie bijlage F). De mogelijkheid om te voorzien in de vervoersbehoefte en de werkgelegenheid en zo bij te dragen aan de welvaart van de plaatselijke en de algemene bevolking wordt bepaald door de winstgevendheid van het luchthavenbedrijf. Maar de bedrijvigheid op en om de luchthaven heeft ook invloed op het milieu, dat wil zeggen, op het ecologisch deel van het groot-vliegveldsysteem. Die invloed is in het algemeen negatief: het luchthavenbedrijf genereert lawaai, emissies van stoffen en afval, terwijl het natuurlijke landschap een industrieel karakter krijgt. Al deze factoren zijn direct of indirect van invloed op de gezondheid en de kwaliteit van leven. De betrokken mensen zullen daarop reageren door druk uit te oefenen om de negatieve effecten te verminderen met behoud van de voordelen van de luchthaven. Dit dynamische proces kan men opvatten als een leerproces dat het functioneren van het systeem als geheel verbetert. Dat geldt ook voor ongevallen met vliegtuigen, branden en explosies, die een aanzet vormen voor verbeteringen van organisatie en techniek.

Men kan er niet van uitgaan dat binnen een groot-vliegveldsysteem de gezondheid automatisch gewaarborgd is. Dat komt door de complexiteit van het systeem en de uiteenlopende doelen die de partijen in het systeem nastreven. Overwegingen van politieke aard en gewin op korte termijn kunnen leiden tot een sub-optimaal gezondheid op lange termijn. Het functioneren van het systeem wordt sterk bepaald door economische en institutionele factoren en door overheidsregelgeving. Deze drijvende krachten bepalen ook de kwaliteit van het milieu en daarmee de gezondheid.

Zoals hierboven is aangegeven, betreft de commissie bij haar advies ook activiteiten in de buurt van de luchthaven, zoals wegverkeer en bedrijven, die maar ten dele met het luchtvervoer samenhangen, maar overal rond grote luchthavens te vinden zijn en wel degelijk behoren tot het groot-vliegveldsysteem.

Om de risico's voor gezondheid en milieu te kunnen inperken — met behoud van het luchthavenbedrijf — is het van belang te analyseren welk onderdeel van het systeem in welke mate aan het gezondheidsrisico bijdraagt. De commissie zal op dit soort zaken niet in detail ingaan. Afhankelijk van de beleidsvragen die aan de orde zijn, is het mogelijk om voor een bepaalde luchthaven dergelijke analyses uit te voeren. Om enig inzicht te bieden in de verscheidenheid van milieufactoren — zoals geluid, luchtverontreiniging — zijn in tabel 6 de diverse activiteiten in het groot-vliegveldsysteem en de emissies die met die activiteiten samenhangen aangeduid.³²⁾

Tabel 6 geeft een handvat om factoren op te sporen die direct van invloed zijn op de gezondheid. Zoals blijkt uit de volgende hoofdstukken zijn de belangrijkste luchtverontreiniging, geur, geluid en onveiligheid. Andere factoren of bronnen hebben een meer indirecte invloed: sommige daarvan bespreekt de commissie in hoofdstuk 7, waaronder water- en bodemverontreiniging in het bijzonder in verband met het tegengaan van ijsvorming, de verspreiding van infectieziekten door vliegvluchten en het verband tussen het aanzicht van het landschap en de gezondheid van mensen.

Tabel 6 Milieufactoren die samenhangen met het normale luchthavenbedrijf, gerangschikt naar type activiteit en plaats van handeling. Naar ³²⁾.

	emissies van stoffen naar de lucht	lozingen in water	afval	bodem- en water-verontreiniging	geluid, geur, trillingen, aanzicht
algemene activiteiten					
passagiersterminal ^a					
platform en banen					
vrachtterminal					
wegen en parkeergelegenheden					
kantoren					
restaurants					
energievoorziening					
verbrandingsovens					
watervoorziening					
platform					
tanken					
catering					
de-icing					
sanitaire diensten					
cabinereiniging					
technische diensten					
vrachtgebied					
import					
opslag					
export					
luchtruim					
start, landing en vlucht					
lokaal wegverkeer					
van/naar luchthaven					
ander vervoer					
bedrijven					

	emissies van stoffen naar de lucht	lozingen in water	afval	bodem- en water- verontreiniging	geluid, geur, trillingen, aanzicht
diverse					

^a passagiers en bemanning kunnen infectiezieken overbrengen ('airport malaria')

Milieukwaliteit en gezondheid

3.1 Gezondheidseffecten

De commissie rangschikt onder het begrip *gezondheid* in het kader van dit advies ook de aantasting of verbetering van de kwaliteit van leven van individuen en groepen. Zij kiest daarvoor, omdat het niet eenvoudig is om gezondheids- en welzijnsaspecten van elkaar te onderscheiden. Beide begrippen verschillen van tijdperk tot tijdperk en van land tot land, omdat ze sociaal en cultureel zijn bepaald en samenhangen met de stand van de medische technologie en met het welvaartsniveau. In bijlage E bespreekt de commissie verscheidene opvattingen van het begrip gezondheid. Zij kiest niet voor een bepaalde opvatting van 'gezondheid', maar zal in het voorliggende advies aantasting van gezondheid en welzijn beschrijven. In welke mate bescherming tegen deze effecten wenselijk is, is uiteindelijk een politieke en ethische keuze.

De grote luchthavens bevinden zich in landen met een relatief hoge levensstandaard. In deze landen heeft de invloed van milieuaantasting op de gezondheid in het algemeen niet direct betrekking op sterfterisico's of ernstig verlies van levensverwachting, maar gaat het vooral om invloed op het welzijn.¹¹⁷⁾ Voorbeelden zijn:

- P** verergering van bestaande klachten, zoals astma, chronische bronchitis, hart- en vaatziekten en psychische stoornissen¹⁷⁶⁾
- P** ernstige hinder, slaapstoornis, verminderd concentratievermogen, belemmering van mogelijkheden om een gesprek te voeren en normale dagelijkse bezigheden te verrichten²³⁹⁾

P gevoelens van onveiligheid en vervreemding, zich ongezond voelen en gestrest zijn in samenhang met een slechte lokale milieukwaliteit en bezorgdheid over ernstige ongevallen met dodelijke afloop. ¹⁷⁶⁾

Bij het beoordelen van deze effecten moet men een aantal zaken in gedachten houden.

P ‘Gezondheid’ is een gekoesterd bezit geworden in de westerse samenleving . Verscheidene auteurs hebben gewezen op de tendens om sociale problemen in een gezondheidscontext te plaatsen (medicalisering). ^{58), 89), 252), 281)}

P Uit onderzoek blijkt dat mensen met een hogere opleiding en een hoger inkomen eerder over milieukwaliteit en het effect op hun gezondheid klagen dan mensen met een lagere sociaal-economische status ¹⁷⁴⁾. Daarom moeten gegevens over de beoordeling van de eigen gezondheid met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd als het gaat om conclusies voor besluitvorming.

P Ten slotte kan medicalisering van de problemen van alledag op zich het vertrouwen van mensen in hun eigen gezondheid en de mogelijkheid die op peil te houden, doen verminderen, hetgeen weer van invloed kan zijn op hun welzijn. ²⁵²⁾

De commissie gaat niet nader op deze zaken in. Zij beperkt zich tot het beschrijven van effecten die van belang zijn voor sterfte, ziekte en welzijn. Tot die effecten behoren ook verminderde longfunctie, bloeddruk, hartritmestoornissen, verergering van astma of slaapstoornissen en indirecte gezondheidsindicatoren, zoals bezoek aan de huisarts en het verbruik van ‘over de toonbank’-medicijnen. Verscheidene onderzoekers hebben aangegeven dat lichamelijke klachten zouden kunnen ontstaan via sociaal-psychologische reacties, zoals stress* of ernstige hinder (hinder kan ook als stressor worden opgevat). Tot indirecte gedragseffecten behoren sociaal isolement, agressie en overmatig gebruik van alcohol, tabak, geneesmiddelen of voedsel. Fysiologische reacties die met stress samenhangen, zijn onder meer hoge bloeddruk, ongunstige samenstelling van de lipoproteïnen in het bloed en hartritmestoornissen. Het is niet altijd gemakkelijk om een duidelijk onderscheid te maken tussen psychische aandoeningen, ernstige depressies en angsten aan de ene kant en boosheid, hinder en irritaties aan de andere. ¹⁷²⁾

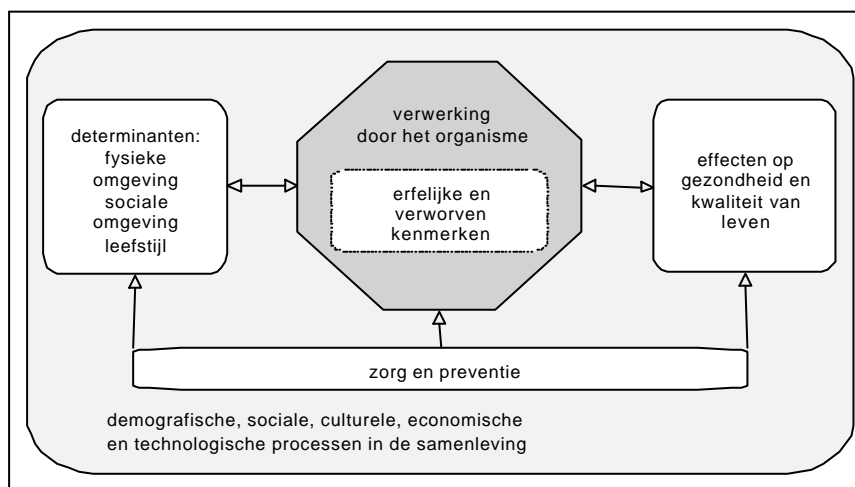
Er zijn aanwijzingen dat sociale reacties op inbreuken op het leefmilieu, zoals uitbreiding van een luchthaven, kunnen leiden tot meer medicijngebruik, bezoek aan de huisarts en ziekenhuisopname. ^{190), 223), 239)} Ook hebben verscheidene onderzoekers gewezen op het belang van sociaal-economische verschillen, in relatie tot de gezondheidstoestand van bevolkingsgroepen. Los van de hoogte van het inkomen kunnen materiële zorgen, sociaal isolement en verlies van eigenwaarde leiden tot meer gezondheidsproblemen bij mensen op achterstand. ^{161), 192), 235), 269)} Deze bevindingen komen in

* Hier opgevat als het niet in balans zijn van de individuele vermogens en de eisen van de omgeving.

de volgende hoofdstukken niet uitgebreid aan de orde, maar spelen wel een rol in de zienswijze van de commissie over het verband tussen milieu en gezondheid.

3.2 Determinanten van gezondheid

De commissie gaat uit van een modelmatige beschrijving van de invloed van blootstelling aan milieufactoren op de gezondheid, ontleend aan, in het bijzonder, de Canadese minister van Volksgezondheid La Londe (1974) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) ²⁰⁷⁾ (figuur 3). In deze zienswijze is gezondheid de resultante van de manier waarop de mens uitwendige determinanten verwerkt, dat wil zeggen kenmerken van het fysieke en sociale milieu en leefstijl. De wijze van verwerking wordt beïnvloed door de erfelijke en verworven kenmerken van het organisme. Het gezondheidszorgsysteem zal zijn invloed doen laten gelden op alle drie stadia in figuur 3, bijvoorbeeld het voorkómen van blootstelling aan geluid door het isoleren van woningen, het voorkómen van het overdragen van erfelijke afwijkingen door erfelijkheidsvoorlichting en het verminderen van de ziektelast door medische zorg. Blootstelling aan milieufactoren en de verwerking van die blootstelling vindt plaats binnen een maatschappelijk systeem met sociale, culturele, economische en technologische kenmerken. De veelheid van factoren die zich laten gelden op de weg van blootstelling naar effect, verklaart waarom de gevolgen van milieublootstelling aanzienlijk kunnen uiteenlopen per individu of bevolkingsgroep. ⁶⁷⁾



Figuur 3 Model voor het verband tussen milieu en gezondheid.

Het organisme heeft genetische kenmerken en kenmerken die in het loop van het leven worden verworven (figuur 3). *Erfelijke belasting* kan bestaan uit afwijkingen

zoals hemofilie of kleurenblindheid, maar vaak is de wijze waarop een erfelijke factor in een bevolkingsgroep tot uiting komt minder duidelijk en hangt ze samen met verschillen in gevoeligheid voor ziektefactoren. Een voorbeeld is het verschil in vermogen om toxische stoffen onschadelijk te maken. *Verworven* kenmerken zijn bijvoorbeeld immuniteit dankzij inenting of een eerdere infectie, verminderde longfunctie ten gevolge van een eerdere luchtweginfectie, vele jaren roken of blootstelling aan schadelijke stoffen, en verhoogde gevoeligheid voor milieufactoren door vroegere ervaringen met ernstige milie u-incidenten.²⁰¹⁾

Vermoedelijk hebben de meeste hier bedoelde kenmerken van het organisme zowel een genetische als een verworven component en ontstaan ze door wisselwerking tussen genen en milieufactoren. Ook de leeftijd en het verouderingsproces zijn factoren die de gezondheid en de door milieufactoren veroorzaakte gezondheidseffecten bepalen. Onvermijdelijk nemen de kansen op chronische ziekten en de daarmee samenhangende beperkingen toe als we ouder worden. Volgens sommige theorieën stapelt in de loop van de jaren fysiologische schade zich op, bijvoorbeeld in de vorm van beschadiging van het DNA. Volgens andere beschouwingen hangt de fysieke en geestelijke aftakeling echter samen met een evolutionair proces.²³²⁾ Het vermogen van iemand om van de inwerking van uitwendige invloeden te herstellen verandert met de leeftijd.

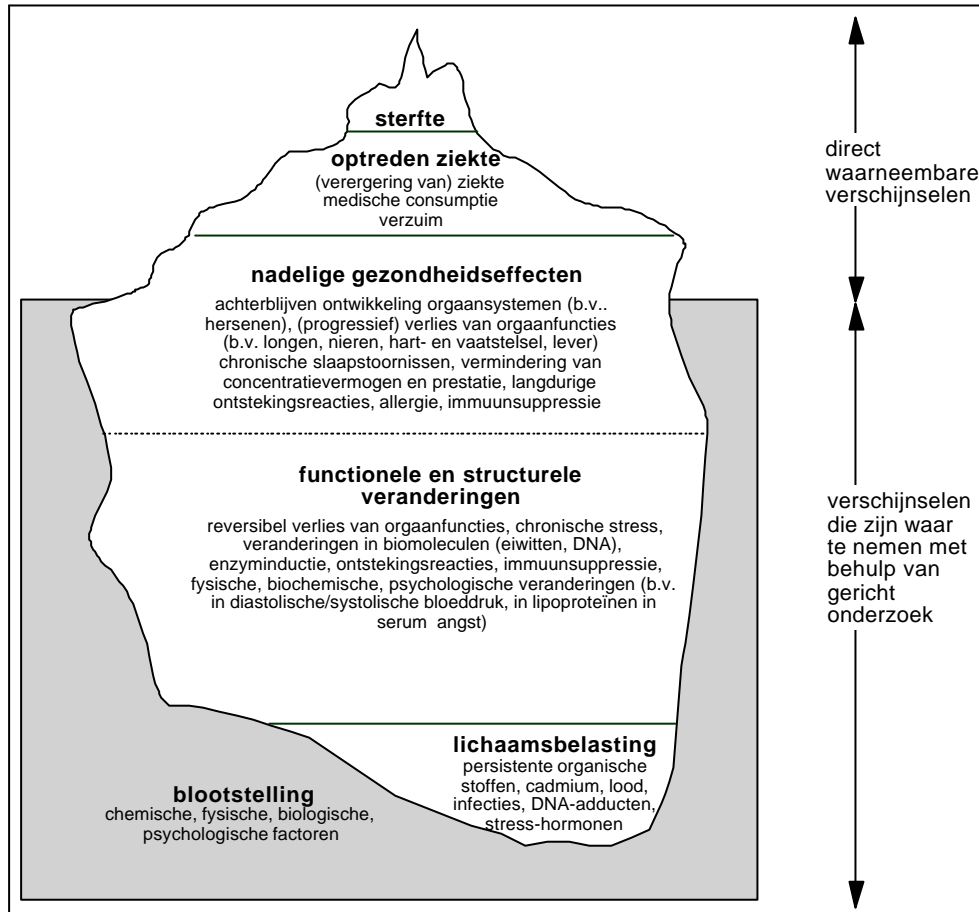
In figuur 3 is onderscheid gemaakt tussen de drie typen uitwendige determinanten: het fysische milieu, het sociale milieu en de leefstijl. *Fysische milieufactoren* omvatten energie, straling, geluid en temperatuur, zuurstofvoorziening en voedingsstoffen, gevaarlijke stoffen in het binnen- en het buitenmilieu (waaronder het werkmilieu), bacteriën en andere micro-organismen die zowel positieve als negatieve gevolgen kunnen hebben voor de gezondheidstoestand. *Leefstijl* omvat voedingspatroon, roken, overdadig gebruik van geneesmiddelen en alcohol, seksueel gedrag, gebrek aan beweging. Tot de *sociale omgeving* behoort het patroon van sociale contacten en de sociaal-economische status (zie bijlage E en F), maar ook de mate waarin het dagelijks leven door de neveneffecten van grote infrastructurele werken zoals de uitbreiding van een luchthaven wordt beïnvloed.²⁵⁸⁾

Uitwendige determinanten werken niet onafhankelijke van elkaar en hebben tevens een wisselwerking met de erfelijke en verworven kenmerken van het organisme. Zo wordt leefstijl bijvoorbeeld in hoge mate bepaald door de sociale omgeving (gezinsleven). Aspecten van leefstijl en gedrag hangen weer samen met blootstelling aan fysische milieufactoren zoals geluid en luchtverontreiniging. De mogelijkheid om in een natuurlijke, rustgevendende of esthetische omgeving te vertoeven, kan bijdragen aan het herstel van de fysieke of psychische schade die negatieve stressfactoren veroorzaken.²⁴⁹⁾

In het model staat de verwerking van milieublootstelling centraal. Dat verwerkingsproces kan van fysiologische aard zijn, zoals een ontgiftingsproces na het inademen of

inslikken van een toxische stof, maar het kan ook psychisch zijn zoals in het geval van geluidhinder. Ook kunnen beide mechanismen tegelijk optreden. Het verwerkingsproces leidt tot gedrag (*coping*) om, bijvoorbeeld, de blootstelling te verminderen of te ontlopen, of het lichaam tot op zekere hoogte aan de omgevingsstressor aan te passen.

3.3 Waarnemen van gezondheidseffecten



Figuur 4 Diagram ('ijsberg') dat de gezondheidkundige betekenis aangeeft van bepaalde indicatoren van gezondheid. Slechts ernstige gevolgen van milieublootstelling vereisen een medische behandeling en komen in de officiële gezondheidsstatistieken terecht (deel van de ijsberg boven het wateroppervlak). Effecten 'onder het wateroppervlak' komt men alleen op het spoor in gericht bevolkingsonderzoek.

Door de overheersende invloed van sociaal-economische factoren op de gezondheid (zie bijlage F) is het in het algemeen niet goed mogelijk de directe werking van blootstelling aan milieufactoren via cijfers over ziekte, sterfte en medische consumptie op het spoor te komen.⁶⁷⁾ Het hechte verband tussen sociale, economische en milieufactoren,

zoals de geografisch relaties tussen sociaal-economische status en kwaliteit van de woonomgeving nabij vliegvelden, snelwegen en industriegebieden, maakt het aantonen aan een effect van het milieu op de gezondheid ook via epidemiologisch onderzoek vaak moeilijk of zelfs onmogelijk. ^{83), 146), 172), 176), 212), 233), 239), 262)} Slechts voor sommige specifieke effecten kan een kwantitatief verband tussen blootstelling en effect worden waargenomen.

De invloed van schadelijke milieufactoren op de gezondheid kan allerlei vormen van uiteenlopende ernst aannemen. Te denken valt aan cognitieve ontwikkeling van kinderen, verschillende vormen van kanker, verminderde vruchtbaarheid, aantasting van het immuunsysteem, ernstige geluidhinder en slaapstoornissen. ^{113), 215), 277)} Gedurende episoden van luchtverontreiniging zijn effecten waargenomen die variëren van tijdelijke longfunctie-veranderingen, een verergering van astmatische verschijnselen en ziekenhuisopnamen van patiënten met een hart- en longziekte, tot voortijdige sterfte van door ziekte verzwakte mensen. ^{38), 143), 153)} Deze effecten bevinden zich op verschillende ‘hoogten’ van de ‘ijsberg’ van figuur 4, afhankelijk van de wijze waarop endogene en uitwendige factoren op het individu en de bevolking inwerken (figuur 3).

Sommige effecten treden op kort na de blootstelling, terwijl andere zich pas manifesteren na een langdurige, cumulatieve blootstelling of een zekere latentieperiode. De gezondheidskundige betekenis van een biochemisch, fysiologische of psychologische reactie op blootstelling aan een milieufactor hangt af, zoals eerder gezegd, van endogene en uitwendige factoren. De uiteindelijke consequenties voor de gezondheid worden bepaald door de mogelijkheden voor herstel of compensatie.

Uit figuur 4 wordt ook duidelijk wat de betekenis is van ogenschijnlijk onschuldige aandoeningen zoals een lichte vermindering van de longfunctie. Milieublootstelling kan bij een groot deel van de bevolking functionele veranderingen van voorbijgaande aard teweegbrengen, maar bij een kleine groep gevoelige personen kunnen deze veranderingen tot fysieke of psychische symptomen oproepen en op den duur tot ziekte aanleiding geven of ziekteklachten verergeren. Ten slotte kan blootstelling aan milieufactoren leiden tot vervroegde sterfte in het bijzonder bij de meest gevoelige personen (‘top van de ijsberg’). Soms gaat sterfte en ziekte gepaard met het verlies van vele gezonde levensjaren.

De effecten van blootstelling aan milieufactoren op de gezondheid van het individu en van bevolkingsgroepen hangen ook af van de grootte van de daadwerkelijke blootstelling (dosis). In veel gevallen neemt men effecten alleen waar na een overschrijding van een bepaalde drempeldosis. Daarbij dient men wel te bedenken dat de verbanden tussen dosis en effect, en ook de drempeldosis, verschillen per individu en per blootstellingssituatie.

Zowel ten behoeve van onderzoeks- als beleidsdoeleinden moeten de gezondheidstoestand en gezondheidseffecten worden uitgedrukt in bepaalde grootheden die ook inzicht geven in variaties in tijd, plaats en omstandigheden. Gegeven de veelheid van mogelijke effecten kan men kiezen voor het gebruik van één of enkele grootheden, zoals sterftekans of de prevalentie van ziekten in een bevolkingsgroep, dan wel zijn toevlucht nemen tot geaggregeerde grootheden, dat wil zeggen grootheden waarin de uiteenlopende effecten op een gemeenschappelijk schaal (bijvoorbeeld verloren levensjaren) zijn gewaardeerd. Bijlage E geeft daarvan voorbeelden. Aggregatie vereist subjectieve keuzen bij het bepalen van het relatieve belang van de verschillende effecten en leidt onvermijdelijk tot het uit het zicht raken van bepaalde aspecten van het onderhavige probleem⁹⁵⁾. Maar geaggregeerde grootheden hebben ook voordelen voor het volksgezondheidsbeleid en de gezondheidszorg, omdat ze risicovergelijkingen mogelijk maken. Daarmee komt het stellen van prioriteiten, de beoordeling van de doelmatigheid van milieubeleid in termen van gezondheidswinst en het karakteriseren van gezondheidsrisico's verbonden met een geografische opeenstapeling van verscheidene vormen van milieublootstelling binnen handbereik. Veelbelovend zijn in dit verband grootheden die effecten van milieublootstelling in termen van voor kwaliteit of handicap gecorrigeerde verloren of gewonnen levensjaren uitdrukken.^{89), 174)}

3.4 Gezondheid in een groot-vliegveldsysteem

De empirische gegevens over het verband tussen milieu en gezondheid in een groot-vliegveldsysteem zijn verre van volledig. Het diagram van figuur 4 biedt een kader om die onvolledige gegevens in perspectief te plaatsen. In dat kader wordt ervan uitgegaan dat, althans in principe, elke milieufactor een zekere invloed op de gezondheid heeft. De commissie zal steeds trachten aan te geven hoe waarschijnlijk een bepaald effect is en wat de verdeling is over de blootgestelde bevolkingsgroepen. Dat houdt in de eerste plaats in het beoordelen van de wetenschappelijke bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen een milieufactor en een gezondheidseffect. Daartoe gebruikt de commissie het waarderingsysteem van het Internationale Bureau voor Onderzoek naar Kanker (IARC). IARC gebruikt dit systeem bij de beoordeling van kankerverwekkende agentia. De gebruikte kwalificaties zijn:¹²³⁾

- P** *Voldoende bewijskracht* voor een oorzakelijk verband: verband tussen blootstelling en een gezondheidseffect is waargenomen in onderzoek waarin toeval, systematische fouten en vertekening met redelijke zekerheid waren uitgesloten.
- P** *Beperkte bewijskracht* voor een oorzakelijk verband: het oorzakelijk karakter van het verband tussen blootstelling en gezondheidseffect wordt plausibel geacht, maar er kan niet met redelijke zekerheid worden uitgesloten dat het verband het gevolg is van toeval, systematische fouten of vertekening.

- P** *Niet adequate of inconsistente bewijskracht* voor een oorzakelijke verband: het beschikbare onderzoek is inconsistent, of mist statistische zeggingskracht om conclusies over oorzakelijkheid mogelijk te maken.
- P** *Aanwijzingen voor afwezigheid van een oorzakelijk verband*: verscheidene goed uitgevoerde onderzoeken die het volledige blootstellingstraject beslaan, hebben bij geen enkel blootstellingsniveau aanwijzingen opgeleverd voor het bestaan van een verband tussen blootstelling en effect.

De commissie waardeert de ernst van een effect als *licht, matig of ernstig*. De bepalende factor is de mate van beperking die iemand ondervindt in zijn dagelijks leven. Deze vorm van waardering komt overeen met die bij het samenstellen van grootheden op basis van voor kwaliteit van leven of handicap gecorrigeerde levensjaren.^{89), 174)} Een gezondheidseffect wordt aangeduid als ‘licht’ als de invloed op het dagelijks functioneren tijdelijk is, dan wel op de lange duur gering is. Effecten die, althans op de korte termijn, bij een groot deel van de blootgestelden binnen de normale biologische variatie blijven, vallen ook in deze categorie. Ernstige effecten daarentegen vormen een serieuze handicap in het leven van alledag en vereisen in het algemeen professionele medische zorg. Matige effecten vallen tussen deze beide uitersten in.

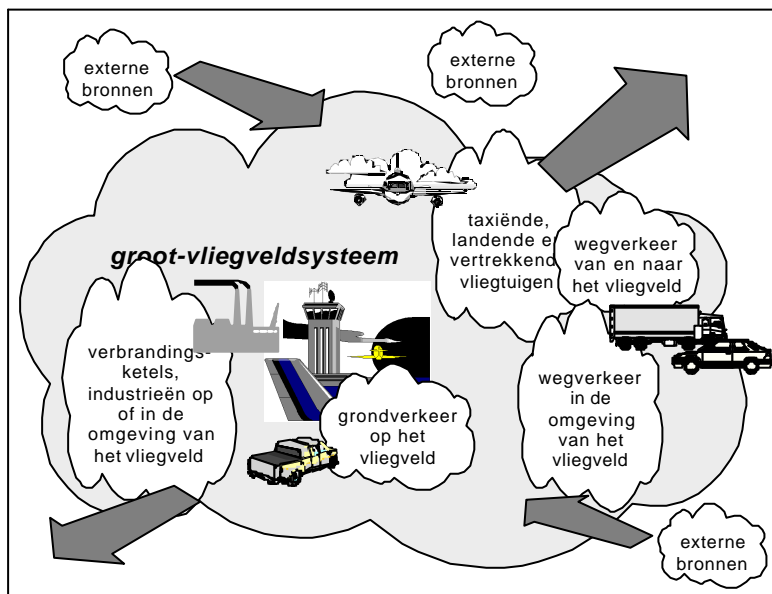
Ten slotte is het aantal mensen met een effect binnen de blootgestelde bevolking van belang. Het is niet eenvoudig om hier een ondubbelzinnige classificatie aan te brengen, omdat zowel de omvang van de blootstelling als de gevoeligheid van de blootgestelde een rol speelt. De commissie onderscheidt drie categorieën:

- P** gevoelige individuen
- P** speciale bevolkingsgroepen, zoals kinderen en mensen met speciale beroepen
- P** een aanzienlijk deel van de blootgestelde bevolking.

De commissie vermeldt haar classificatie van de omvang van de groep getroffen alleen voor effecten waarvoor de bewijskracht voor een oorzakelijk verband met een milieufactor als voldoende is beoordeeld. Alle classificaties komen volledig voor rekening van de commissie.

Luchtkwaliteit

4.1 Overzicht



Figuur 5 Overzicht van bronnen van luchtverontreiniging in samenhang met een groot-vliegveldsysteem.

Luchtverontreiniging is één van de milieufactoren in een groot-vliegveldsysteem die van invloed is op de gezondheid. De voornaamste oorzaak van luchtverontreiniging is het verbranden van fossiele brandstof bij activiteiten op de luchthaven, door het wegverkeer in de omgeving van de luchthaven, de nabijgelegen industrie en huishoudens, en toevoer van buiten het systeem (figuur 5). Tot de activiteiten op de luchthaven behoren het taxiën, landen en opstijgen van vliegtuigen, diverse grondhandelingen, zoals het testen van motoren, gebruik van verwarmingsketels en systemen voor energieopwekking, en grondverkeer. De luchtverontreinigende stoffen worden uitgestoten op grondniveau en op verschillende hoogte in de atmosfeer. De uitstoot in de hogere lagen van de troposfeer is van belang voor de gezondheid via klimaatveranderingsprocessen, zoals de aantasting van de ozonlaag en het broeikas-effect. Deze effecten vallen buiten het kader van dit advies hoewel ze, zoals eerder aangegeven, van groot belang zijn.*

Luchtverontreiniging is een verschijnsel dat zich op grote schaal afspeelt. Zo zijn de niveaus van de verontreinigende stoffen van de lucht in Nederland mede het gevolg van bijdragen van verscheidene diffuse bronnen op het Europese vasteland. De niveaus van verontreiniging in een groot-vliegveldsysteem zijn dan ook mede bepaald door externe bronnen. Bronnen binnen het groot-vliegveldsysteem kunnen de luchtverontreiniging plaatselijk verhogen. Zo worden relatief hoge niveaus van zwarte rook en stikstofdioxide (NO₂) waargenomen langs snelwegen en andere wegen.

Slechts enkele epidemiologische onderzoeken hadden de invloed van luchtverontreiniging op of bij luchthavens als studieobject. Daarom heeft de commissie ook de wetenschappelijke literatuur over gezondheidseffecten van luchtverontreiniging in stedelijke gebieden in het algemeen bij haar beschouwingen betrokken. Zij acht deze gegevens ook relevant voor groot-vliegveldsystemen, omdat uit metingen bij grote luchthavens is gebleken dat de niveaus van luchtverontreiniging met die in stedelijke gebieden overeenkomen.^{45), 154), 181)}

In dit hoofdstuk wil de commissie de volgende vragen beantwoorden:

- P** Welke verontreinigende stoffen worden uitgestoten door welke bronnen en welke stoffen zijn van gezondheidskundig belang?
- P** Welke concentraties van deze stoffen treft men aan in de omgeving van luchthavens en hoe zullen de niveaus zich ontwikkelen?
- P** Wat zijn de gezondheidseffecten die men kan verwachten bij blootstelling aan die niveaus?

* Een vliegtuig dat kort na het opstijgen moet terugkeren naar de luchthaven, moet zijn brandstof lozen teneinde onder het toegestane landingsgewicht te blijven. De kerosine verdampt in de hogere lagen van de troposfeer en draagt zo bij aan de luchtverontreiniging, maar is nauwelijks van invloed op de luchtkwaliteit in het groot-vliegveldsysteem. Volgens het meest recente milieujarverslag van de KLM werd in het verslagjaar 1060 ton kerosine op deze wijze geloosd, hetgeen overeenkomt met 0,04 procent van de totale hoeveelheid brandstof die de KLM verbruikte.¹⁴⁰⁾

4.2 Stoffen

In een groot-vliegveldsysteem worden talrijke verontreinigende stoffen uitgestoten ten gevolge van het verbranden van fossiele brandstof. De belangrijkste zijn stikstofdioxide (NO_2 en NO , te zamen aangeduid als NO_x), kooldioxide (CO_2), koolmonoxide (CO), vluchtige organische verbindingen (VOC), zwaveldioxide (SO_2) en deeltjes (PM). PM is een verzamelnaam voor aërosolen met uiteenlopende chemische en fysische eigenschappen. Kleine deeltjes met een aërodynamische diameter van minder dan $2,5 \mu\text{m}$ respectievelijk $10 \mu\text{m}$ worden aangeduid met respectievelijk $\text{PM}_{2,5}$ en PM_{10} . Ultra-kleine deeltjes hebben een diameter van minder dan 100 nm^* . Ozon is een secundaire vorm van luchtverontreiniging die ontstaat onder invloed van zonlicht via fotochemische reacties van NO_x en VOC. Stikstofdioxide wordt in de atmosfeer gevormd door oxidatie van NO door ozon en andere verbindingen. Kooldioxide is een belangrijk broeikasgas, maar vormt geen directe bedreiging voor de gezondheid in de concentraties die in de atmosfeer worden aangetroffen. VOC staat voor mengsels van vele koolwaterstoffen die in het algemeen vrijkomen door verdamping van brandstof en allerhande oplosmiddelen. Ook polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) treft men in de emissies van activiteiten binnen een groot-vliegveldsysteem aan.

In tabel 16, bijlage G staan de richtwaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de grens- en richtwaarden van de Europese Unie voor de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen.^{155), 156), 278)} Al onder deze waarden zijn verbanden tussen blootstelling aan luchtverontreiniging en gezondheidseffecten waargenomen.^{8), 57)}

Emissies van vliegtuigmotoren hangen af van het vermogen, het type van de motor en van het type brandstof.^{236), 278)} In tabel 7 zijn de uitstootwaarden vermeld voor de diverse vormen van motorgebruik voor vliegtuigen van het zogeheten *Chapter 2***-type. Gedurende het taxiën is vooral de uitstoot van CO en VOC van belang, terwijl bij het opstijgen de motortemperatuur en -druk toenemen en de uitstoot verandert van een mengsel waarin CO en VOC domineren tot een mengsel waarin NO_x van meer belang is.¹⁵⁶⁾ De verwachting is dat de NO_x -uitstoot van vliegtuigen zal toenemen door het in gebruik nemen van efficiëntere motoren die minder VOC en CO produceren (en ook minder lawaaiig zijn).⁷⁸⁾ De invloed daarvan op de ozonconcentraties is niet geheel duidelijk, omdat zowel NO_x als VOC voorlopers van ozon zijn.

Waar het wegverkeer koolwaterstoffen uitstoot van het C6-C9-type***, bestaat vliegtuigbenzine of kerosine uit koolwaterstoffen van het C10-C16-type. Belangrijke

* μm - micrometer (10^{-6} m), nm - nanometer (10^{-9} m)

** verwijst naar Chapter 2 van Annex 16, Volume I van de ICAO-conventie

*** verbindingen met 6 tot 9 koolstofatomen

componenten zijn n-dodecaan, trialkylbenzenen en naftaleen. ¹⁶⁾ Rond Schiphol zijn concentraties van n-dodecaan gemeten, maar de commissie verwacht dat de niveaus van deze verbindingen rond luchthavens in het algemeen relatief laag zullen zijn. ¹⁶⁾ In ander onderzoek waarin verbindingen in de uitlaatgassen van vliegtuigen werden gemeten, vond men geen vliegtuig-specifieke toxische VOC of PAK. ^{220), 236)}

Tabel 7 Gemiddelde uitstoot van vliegtuigmotoren van het gasturbine-type tijdens verschillende fasen van de start- en landingscyclus. ¹⁵⁵⁾

fase van start en landing	motorvermogen (%)	CO-uitstoot (g/kg brandstof)	koolwaterstoffen (g/kg brandstof)	NO _x (g/kg brandstof)
stationair	5	5	20	5
nadering	30	5	2	10
kruisen	60	0	0	20
opstijgen	100	0	0	40

4.3 Bijdrage van afzonderlijke bronnen

Naarmate de afstand tot een luchthaven toeneemt, blijken de concentraties van luchtverontreinigende stoffen af te nemen (zie figuur 6). Het is echter niet eenvoudig om de relatieve bijdrage van de afzonderlijke bronnen aan plaatselijke verontreinigingsniveaus te schatten. Wegverkeer wordt in het algemeen de belangrijkste bron beschouwd. ^{52), 142), 177)} Dat volgde onder meer uit onderzoek rond luchthavens in het Verenigd Koninkrijk ¹⁵⁴⁾ en in Duitsland ¹⁸¹⁾.

Den Boeft en medewerkers hebben voor het jaar 1990 in het gebied van 20x20 km² rond Schiphol de relatieve bijdragen geschat van het luchthavenbedrijf (waaronder begrepen het grondverkeer) aan de emissies van NO_x, CO, VOC, SO₂ en zwarte rook. Hun berekeningen resulteerden in een bijdrage van 3-9%, afhankelijk van de beschouwde verbinding. ²⁹⁾ De relatieve bijdrage van het wegverkeer in de nabijheid van de luchthaven varieerde van 32% voor VOC tot 84% voor zwarte rook. Uit vervolgonderzoek bleek dat de relatieve bijdrage van de emissies van Schiphol op nabijgelegen wegen in 1995-1996 was toegenomen sinds 1990. ⁵²⁾ Hoewel per start- en landingscyclus de uitstoot van VOC, CO, SO₂ en zwarte rook was afgenomen (NO_x was gelijk gebleven), nam de totale emissie van het Schipholbedrijf toe door de toename van het aantal vliegbewegingen. De luchtkwaliteit in de jaren 1990, 1995 en 1996 was nagenoeg gelijk, vanwege de verminderde uitstoot van het wegverkeer. ⁵²⁾



Figuur 6 Berekende contouren van NO_x-concentraties op grondniveau in µg m⁻³ rond Heathrow in 1993.³⁷⁾

4.4 Ontwikkeling van luchtverontreiniging rond luchthavens

Uit metingen in Europa en de VS blijkt dat de concentraties van SO₂, CO en zwarte rook rond alle beschouwde luchthavens onder de richtwaarden liggen.^{10), 45), 78), 180), 181)} Incidenteel werden wel de richtwaarden voor NO₂ overschreden.^{10), 45), 78), 180)}

Om zicht te krijgen op de ontwikkeling van de niveaus van luchtverontreiniging bij luchthavens zijn verscheidene scenario's ontwikkeld. Nitsche en Walker verwachten de volgende verandering in emissiepatronen: in de komende 10-12 jaar zal de uitstoot van NO_x toenemen en die van CO en VOC verminderen, door het in gebruik nemen van efficiëntere motoren.^{78), 181)} Volgens het RIVM zal de toename van de uitstoot van vliegtuigen door het stijgend aantal vliegbewegingen bij Schiphol geringer zijn dan de vermindering van de emissies van het wegverkeer in de omgeving van de luchthaven.¹⁷⁷⁾ Laatstbedoelde vermindering zou het gevolg zijn van de invloed van de EU-regelgeving voor nieuwe motorvoertuigen. De commissie acht die conclusie aan de optimistische kant: het is moeilijk te voorspellen of de ontwikkeling van de verbrandingstechnologie, resulterend in een vermindering van automotor-emissies, gelijke tred houdt met de verwachte toename van het wegverkeer. Uit een onlangs

gepubliceerd EU-rapport blijkt, dat ondanks de aanzienlijke technische verbeteringen door de economische groei het tempo van verdere vermindering van de uitstoot van wegverkeer onzeker is.⁷³⁾

4.5 Luchtverontreiniging en gezondheid

4.5.1 Gegevens

Uit metingen blijkt dat in het algemeen de niveaus van luchtverontreiniging in de nabijheid van grote luchthavens overeen komen met die in stedelijke gebieden elders. Dit wekt geen verbazing, daar immers het wegverkeer en externe bronnen de belangrijkste bijdrage aan de luchtverontreiniging in een groot-vliegveldsysteem leveren (zie paragraaf 4.3). De commissie baseert haar conclusies over de gezondheidseffecten van luchthavens voornamelijk op een recent overzichtsrapport van de COMEAP*, getiteld 'The quantification of effects of air pollution on health in the United Kingdom'.⁵⁷⁾ Twee andere overzichtspublicaties van beperktere omvang heeft zij ook geraadpleegd.^{40), 162)} Daarnaast heeft de commissie originele wetenschappelijke artikelen van recente datum bestudeerd.

4.5.2 Onderzoek bij luchthavens

Onderzoek rond Schiphol liet een negatief verband zien tussen de afstand van iemands huis tot de luchthaven en luchtwegklachten^{168), 239), 267)} en het gebruik van medicijnen voor allergie en astma.²⁶⁷⁾ In een onlangs gehouden vragenlijst-onderzoek kwamen deze verbanden ook weer naar voren na correctie voor factoren als roken, vocht in de woning en de afstand tot de dichtstbijzijnde verkeersweg.²³⁹⁾ Deze bevindingen kunnen niet zonder meer op rekening van vliegtuiguitlaatgassen worden geschreven, omdat gegevens over de mate van blootstelling aan luchtverontreiniging van de betrokkenen ontbreken.

Uit ander onderzoek komt geen verschil naar voren tussen het optreden van luchtwegaandoeningen of hart- en vaatziekten in het gebied rond een luchthaven en in andere stedelijke gebieden.^{36), 224), 225)} In deze onderzoeken was het echter niet mogelijk om te corrigeren voor factoren als sociaal-economische status en leefstijl.

Ander onderzoek liet geen verschil zien tussen het optreden van kanker rond Schiphol en in bepaalde wijken van Amsterdam.²⁵⁵⁾ De concentraties van VOC en PAK en de mutagene werkzaamheid van PM kwamen in beide gevallen overeen.²⁸⁾ In hoeverre bepaalde verbindingen in de omgeving van een groot-vliegveldsysteem, zoals additieven

* COMEAP: Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (UK)

in straalvliegtuigbrandstof, bijdragen aan het optreden van kanker valt moeilijk te zeggen, omdat daar heel weinig bekend is over hun toxische eigenschappen.

Uit deze gegevens trekt de commissie de conclusie dat er geen aanwijzingen zijn dat de luchtverontreiniging in de omgeving van een luchthaven een extra gezondheidsrisico met zich meebrengt, vergeleken met andere stedelijke gebieden.

4.5.3 Blootstelling aan mengsels van luchtverontreinigende stoffen

In bevolkingsgroepen die aan mengsels van luchtverontreinigende stoffen zijn blootgesteld, zijn effecten op de gezondheid waargenomen. Uit het verrichte onderzoek valt niet altijd gemakkelijk af te leiden welke verbinding of groep van verbindingen verantwoordelijk is voor een bepaald effect en in welke mate synergetische en antagonistische effecten optreden.^{138), 242)} In de recente epidemiologische literatuur is dit onderwerp uitgebreid aan de orde gesteld.^{91), 153), 196)} Volgens overzichtspublicaties van enkele jaren geleden wordt de invloed van blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen op ziekte en sterftecijfers vooral veroorzaakt door (ultrakleine) deeltjes. Deze conclusie berust op het feit dat zo'n invloed ook werd waargenomen in gebieden met lage concentraties van andere gasvormige verontreinigingen.²⁷⁸⁾ Alleen voor ozon kon een directe invloed op de gezondheid worden aangetoond.⁴⁰⁾ Nieuwer onderzoek heeft echter aanwijzingen opgeleverd dat gasvormige verontreinigingen zoals CO en SO₂ een belangrijker rol spelen dan eerder was verondersteld.^{9), 136), 222), 231)}

Een andere belangrijke vraag is in hoeverre en in welke mate blootstelling aan de ene verbinding mensen gevoeliger maakt voor de effecten van andere luchtverontreinigende stoffen. Uit onderzoek bij Birmingham International Airport bleek een statistisch significant verband tussen hoge blootstelling aan vliegtuigbrandstof of straalmotoruitlaatgassen en het ophoesten van slijm of een loopneus onder mannelijke vliegveldwerkers.²⁴³⁾ Deze waarneming is in overeenstemming met de veronderstelling dat VOC irriterend werkt op de bovenste luchtwegen en gevoeligheid voor andere verbindingen als NO_x en kleine deeltjes induceert.

4.5.4 Acute gezondheidseffecten

Ziekte en sterfte

Uit recent epidemiologisch onderzoek volgt dat er een statistische significant verband is tussen de dagelijkse variaties in niveaus van luchtverontreiniging en de dagelijkse variaties in sterfte en ziekenhuisopnamen ten gevolge van luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten.⁵⁷⁾ Dit verband is waargenomen bij blootstelling aan NO₂, SO₂, CO, O₃, PM₁₀ en PM_{2,5} met over een etmaal gemiddelde concentraties van, respectievelijk, 60

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2 \text{mg}/\text{m}^3$, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁴³⁾, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁶¹⁾. Deze bevindingen wijzen ook op de afwezigheid van duidelijke drempelniveaus zijn waaronder bij geen van de blootgestelden een effect optreedt. De al genoemde Britse commissie COMEAP leidde voor de invloed van PM_{10} , SO_2 en O_3 op acute sterfte en ziekenhuisopnamen blootstelling-responsrelaties af. Zij voerde ook bewijsmateriaal aan voor overeenkomstige effecten van NO_2 en CO op de gezondheid, maar meende dat de gegevens het niet mogelijk maakten om het verband tussen blootstelling en respons te kwantificeren.

57)

In de meeste gevallen wordt het verband tussen dagen met een verhoogde luchtverontreiniging en een toename van de sterfte waargenomen onder oude en zieke mensen. Sleutelvraag is of deze toegenomen sterfte beperkt blijft tot deze personen voor wie de levensverwachting ook in afwezigheid van de verontreiniging kort is; in de literatuur wordt dit aangeduid als de 'oogsthypothese'. Uit recent onderzoek zou blijken dat deze hypothese, waar het blootstelling aan deeltjes betreft, niet geheel opgaat.²⁷⁹⁾

Aangetoonde effecten van episoden van luchtverontreiniging zijn vermindering van de longfunctie, een toename van luchtwegklachten (zoals piepende ademhaling, hoesten en kortademigheid) en verergering van astma (meer aanvallen, meer gebruik van *inhalers*). Bij veel mensen verdwijnen deze effecten weer.

4.5.5 Gezondheidseffecten op de lange termijn

Vanuit gezondheidskundig oogpunt zijn effecten van luchtverontreiniging op de lange termijn mogelijk van groter belang dan korte-termijneffecten. Op de lange termijn kan luchtverontreiniging een rol spelen bij het ontstaan en het beloop van chronische ziekten en zo tot een aanzienlijk verlies van gezonde levensverwachting leiden. Chronische effecten zijn waargenomen in enkele prospectieve onderzoeken. De resultaten worden ondersteund door de uitkomsten van dwarsdoorsnede-onderzoek.

Luchtwegaandoeningen

Twee prospectieve onderzoeken, in Nederland en in Californië, leveren aanwijzingen dat het wonen in een stedelijk verontreinigd gebied een snellere vermindering van de longfunctie teweegbrengt dan het wonen in een landelijk, minder verontreinigd gebied.^{150), 234)} Deze bevindingen wijzen erop dat blootstelling aan luchtverontreiniging leidt tot CARA. Chronische luchtwegklachten en -aandoeningen zijn ook waargenomen in verscheidene andere prospectieve onderzoeken. Langdurige blootstelling aan PM_{10} en NO_x in de buitenlucht bleek samen te hangen met toegenomen obstructie van de luchtwegen en een hoger voorkomen van bronchiale hyperreactiviteit in een groep van astma- en CARA-patiënten.¹²⁹⁾ Uit tien jaar durend onderzoek bleek dat zowel

blootstelling aan PM₁₀ als aan PM_{2,5} in een verband staat met symptomen van chronische bronchitis.^{2),3)} Bij dezelfde onderzoeksgroep kon ook een verband worden aangetoond tussen 20 jaar blootstelling aan PM₁₀, SO₂ en O₃ en de longfunctie van personen met ouders die leden aan astma, CARA of hooikoorts.⁴⁾ In een groep van niet-rokende mensen die in een woonomgeving aan verhoogde concentraties van ozon waren blootgesteld, kon geen verband met chronische longschade worden aangetoond.⁹⁰⁾ Uit een dwarsdoorsnede-onderzoek in Zwitserland bleek onder een grote groep volwassenen een positief verband tussen langdurige blootstelling aan PM₁₀ en NO₂ en luchtwegklachten.²⁸⁰⁾ Ook bij kinderen die deelnamen aan een dwarsdoorsnede-onderzoek in 24 plaatsen in Canada en de Verenigde Staten, werd een verband aangetoond tussen langdurige blootstelling aan deeltjes en zowel een toename van het vóórkomen van bronchitis⁶⁶⁾ als een afname van de longfunctie¹⁹⁹⁾.

Sterfte aan luchtwegaandoeningen en longkanker

Bewijsmateriaal voor de invloed van chronische blootstelling aan deeltjes op de levensverwachting is voornamelijk afkomstig uit twee cohort-onderzoeken die een positief verband lieten zien tussen blootstelling en sterfte door hart-longziekten en kanker.^{65),196)} Een kort geleden gepubliceerd verslag van een prospectief onderzoek ondersteunt deze bevindingen; de onderzoekers vonden een sterk verband tussen PM₁₀-concentraties en sterfte aan luchtwegaandoeningen en longkanker. In dit onderzoek werd echter geen verband tussen deeltjes en sterfte door hart-longziekten gevonden.⁵⁾ Langdurige blootstelling aan O₃ en SO₂ bleek in verband te staan met longkankersterfte.^{5),23)} Deze bevinding bevestigt eerder gevonden verbanden tussen langdurige blootstelling aan 'normale' O₃-niveaus en longkankersterfte.¹⁷¹⁾

4.5.6 Onderzoek naar de invloed van wegverkeer

Uit verscheidenen dwarsdoorsnede-onderzoeken komt een verband naar voren tussen de uitstoot van wegverkeer en luchtwegklachten en -aandoeningen.^{40),162)} Zowel onder volwassenen^{175),182)} als onder kinderen^{39),185),259)} is een verband gevonden tussen het wonen nabij drukke wegen en luchtwegklachten. Onder schoolkinderen is een verband tussen de intensiteit van zwaar verkeer nabij woongebieden en luchtwegklachten^{39),50),70),259),263),271)} en vermindering van de longfunctie aangetoond.^{39),259),271)} In één van deze onderzoeken bleek de verminderde longfunctie samen te hangen met de bij de scholen gemeten concentraties van zwarte rook; zwarte-rookconcentraties kunnen maatgevend zijn voor concentraties van deeltjes in dieseluitlaatgassen.^{39),259)}

Deze resultaten wijzen erop dat blootstelling van kinderen aan luchtverontreiniging in de nabijheid van hoofdverkeerswegen, in het bijzonder blootstelling aan deeltjes in

dieseluitlaatgassen (zwarte rook), kan leiden tot vermindering van de longfunctie. Deze conclusie wordt echter niet door de uitkomsten van elk onderzoek geschraagd. Daarbij speelt mogelijk een rol dat de resultaten worden vertekend door het feit dat de klachten door de betrokkenen zelf werden aangegeven.⁴⁰⁾

Onlangs zijn in Duits onderzoek aanwijzingen gevonden voor allergische overgevoeligheidsreacties en allergische symptomen onder schoolkinderen die samenhangen met de intensiteit van wegverkeer.¹⁴⁷⁾ In dit onderzoek werden de effecten zowel via objectieve methoden vastgesteld, als afgeleid uit gestandaardiseerde vragenlijsten en dagboekjes.

4.5.7 Geur

Vaak wordt in de omgeving van luchthavens melding gemaakt van de kenmerkende geur van onverbrande of gedeeltelijk verbrande kerosine. In een onlangs gehouden vragenlijstonderzoek rond Schiphol gaf 5 procent van de bewoners in de omgeving van de luchthaven aan ernstig te zijn gehinderd door stank.²³⁹⁾ Blootstelling aan geur blijkt minder te worden aanvaard dan blootstelling aan geluid.²⁷⁰⁾ Naar de mening van de commissie is er voldoende bewijskracht dat geur leidt tot hinder en dat een groot deel van de bevolking in de omgeving van de luchthaven daar last van heeft.

Onderzoek rond industriële vestigingen liet een verband zien tussen geurhinder en psychische of psychosomatische klachten¹⁵¹⁾ en somatische klachten, in het bijzonder maagklachten zoals kokhalzen, verlies van eetlust, walging en overgeven.²²⁸⁾ De onderzoekers menen echter dat het onzeker is of geurhinder de oorzaak vormt van deze verschijnselen. De commissie beoordeelt de bewijskracht voor een oorzakelijk verband als beperkt. Omdat resultaten van vergelijkbare onderzoeken rond luchthavens ontbreken, kan de commissie geen nadere informatie verschaffen over de effecten van geur vanuit het luchthavenbedrijf. Waarnemingsdrempels voor de effecten van geur zijn niet goed vast te stellen.*

De commissie wijst erop dat geur ook een signaalfunctie kan hebben en zo kan leiden tot toenemende bezorgdheid over de mogelijke gezondheidseffecten van luchtverontreiniging.

4.5.8 Binnenlucht-verontreiniging

De luchtkwaliteit in gebouwen binnen een groot-vliegveldsysteem — kantoren zowel als woningen — kan negatief worden beïnvloed door maatregelen om de blootstelling aan geluid te verminderen; isolatie is een voorbeeld. Hierover is geen onderzoekmateriaal

* In sommige landen zijn wettelijke regels voor geur voorgesteld of van kracht; deze regels zijn in Nederland gebaseerd op zogeheten geureenheden en in Duitsland op het aantal 'geurgebeurtenissen' per jaar.

beschikbaar, maar uit algemene gegevens over het verband tussen de constructie van gebouwen en de binnenluchtkwaliteit valt af te leiden dat zo'n negatieve invloed plausibel is. De niveaus van allergenen (samenhangend met de vochtigheidsgraad), verontreinigende stoffen uit bouw materiaal en meubilair, en tabaksrook kunnen toenemen door verbeterde isolatie van gebouw of woning. De blootstelling aan deze verontreinigingen zou verder kunnen toenemen doordat mensen langer binnen blijven om blootstelling aan geluid te vermijden. De commissie beveelt aan om hier nader onderzoek naar te doen.

4.6 Beoordeling

Samenvatting van de effecten van luchtverontreiniging in het algemeen

De commissie is van oordeel dat er voldoende bewijskracht is om aan te nemen dat luchtverontreiniging in de concentraties die in een groot-vliegveldsysteem gebruikelijk zijn, rechtstreeks bijdraagt aan gezondheidseffecten die kort na de blootstelling optreden. Het gaat om een verhoogde sterfte en een toename van het aantal ziekenhuisopnamen wegens al bestaande luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten. Ook voor een vermindering van de longfunctie acht de commissie voldoende bewijs aanwezig. Voor een toename van luchtwegklachten en een verergering van astma-aanvallen is de bewijskracht beperkt. In tabel 8 vat de commissie haar oordeel over het verband tussen episoden van luchtverontreiniging en gezondheidseffecten samen.

Epidemiologisch onderzoek heeft ook aanwijzingen opgeleverd voor chronische effecten van langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging, hoewel de omvang van dat onderzoek beperkt is. De commissie acht het voldoende bewijs aanwezig voor een invloed van langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging op de gezondheid. Prospectief onderzoek moet beter inzicht geven in het verband tussen luchtverontreiniging en ziekte en sterfte op termijn. Eén van de vragen die beantwoording behoeft is of, en zo ja in welke mate, de waargenomen toename van luchtwegaandoeningen veroorzaakt wordt door een verergering van bestaande klachten. Hoewel het plausibel is dat blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen de kans op kanker in bescheiden mate vergroten, zijn er geen aanwijzingen dat in een groot-vliegveldsysteem specifieke kankerverwekkende stoffen een rol spelen.

Tabel 8 Overzicht van de in onderzoek waargenomen acute gezondheidseffecten die samenhangen met blootstelling aan luchtverontreiniging.

gevolg	bewijskracht ¹	ernst ²	getroffenen ³
voortijdige sterfte	**	***	*

gevolg	bewijs- kracht ¹	ernst ²	getroffenen ³
	*		
verergering van luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten (leidend tot ziekenhuisopname)	** *	***	*
verminderde longfunctie	** *	*	4
toename van luchtwegklachten	**	**	
verergering van astma	**	***	

1 * = niet adequate, inconsistente bewijskracht, ** = beperkte bewijskracht, *** = voldoende bewijskracht

2 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

3 * = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden; dit oordeel is alleen gegeven bij voldoende bewijs voor een causaal verband

4 Gemiddeld is een vermindering van de longfunctie waargenomen, maar uit de beschikbare gegevens valt niet goed af te leiden om hoeveel mensen het gaat.

Onderzoek naar hinder door geur heeft voldoende bewijskracht opgeleverd voor een causaal verband (paragraaf 4.5.7). Of andere chronische effecten van geur, waarvoor de bewijskracht beperkt is, op de duur een blijvende invloed hebben op de kwaliteit van leven is niet bekend, hoewel de commissie dit wel plausibel acht.

Tabel 9 vat het oordeel van de commissie over de chronische effecten van luchtverontreiniging, inclusief die van geur, samen.

In een groot-vliegvelde systeem staan mensen altijd bloot aan mengsels van luchtverontreinigende stoffen. Het is dan ook niet goed mogelijk om de effecten van de afzonderlijke componenten te onderscheiden van interactie-effecten. De commissie onderschrijft de conclusie van de Britse COMEAP dat het vaststaat dat belangrijke luchtverontreinigende stoffen, zoals PM₁₀*, O₃ en SO₂, de gezondheid schaden, terwijl geen duidelijke aanwijzingen zijn gevonden voor een drempel waaronder geen effecten optreden. Naast deze verbrandingsproducten van fossiele brandstoffen, kan de uitstoot in een groot-vliegvelde systeem andere, ten dele onbekende, verbindingen bevatten. Gegevens over de mogelijke gezondheidseffecten van deze stoffen ontbreken, waardoor een nadere risicobeoordeling niet mogelijk is. Een samenloop van blootstelling aan de genoemde verbrandingsproducten en aan geur kan de bezorgdheid over de effecten van luchtverontreiniging vergroten en zo leiden tot meer gezondheidsklachten.

* Het lijkt niet voldoende om de blootstelling aan deeltjes alleen met de grootheid PM₁₀ te beschrijven. Op basis van een bestudering van de epidemiologische gegevens heeft de Environmental Protection Agency in de VS onlangs ook een norm op basis van PM_{2,5} voorgesteld.⁷²⁾

Tabel 9 Overzicht van de in onderzoek waargenomen chronische gezondheidseffecten die samenhangen met blootstelling aan luchtverontreiniging.

gevolg	bewijs- kracht ¹	ernst ²	getroffenen ³
voortijdige sterfte (vermindering van levensverwachting), met inbegrip van sterfte aan longkanker en hart-longziekten	***	***	*
afname van longfunctie door chronische blootstelling	***	**	**
chronische luchtwegklachten bij kinderen	**	***	
toename van chronische luchtwegaandoeningen (bronchitis) bij volwassenen	***	**	**
toename van astma en allergische klachten	*	**	
geurhinder	***	*	***
aan geur gerelateerde somatische en psychosomatische klachten	**	**	

1 * = niet adequate, inconsistente bewijskracht, ** = beperkte bewijskracht, *** = voldoende bewijskracht

2 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

3 ;* = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden; dit oordeel is alleen gegeven bij voldoende bewijskracht voor een causaal verband

Bepaalde subgroepen in de blootgestelde bevolking zijn mogelijk gevoeliger voor de effecten van luchtverontreiniging op de korte en lange termijn dan een doorsnee-groep. Het gaat om een verminderde longfunctie en een toename van luchtwegklachten bij mensen, veelal ouderen, met al bestaande luchtwegaandoeningen of cardiovasculaire ziekten. Hoewel verbanden tussen episoden van luchtverontreiniging en verhoogde sterfte vooral bij gevoelige individuen zijn waargenomen, wijst de commissie er op dat niet vaststaat dat alleen ouderen en zwakken te lijden hebben. ²⁷⁹⁾ Uit diversen onderzoeken valt af te leiden dat mensen met peak flow variabiliteit ³⁰⁾, bronchiale hyperreactiviteit ^{30), 31)} of relatief hoge concentraties van totaal-IgE* in serum ³¹⁾ extra gevoelig zijn voor luchtverontreiniging. Ook een dieet met weinig anti-oxidanten kan de gevoeligheid voor luchtverontreiniging vergroten. ^{5), 99), 205)} Nader onderzoek is nodig om de voor een individu bepalende factoren op het spoor te komen; de zojuist genoemde factoren komen namelijk bij grote groepen voor. Als inderdaad veel meer mensen gevoelig zijn voor de gevolgen van luchtverontreiniging dan ouderen en zwakken, dan is de omvang van de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging groter dan thans wordt vermoed.

* IgE - immunoglobuline E

Beheersing van luchtverontreiniging

De toekomstige niveaus van luchtverontreiniging in de omgeving van grote luchthavens laten zich moeilijk voorspellen. Als de wereldwijde groei van de luchtvaart aanhoudt, kan de relatieve bijdrage van activiteiten op de luchthaven toenemen. De tendens om de aan- en afvoer van passagiers per spoor te verzorgen zal de intensiteit van wegverkeer van en naar de luchthaven verminderen, maar andere vormen van het wegverkeer in een groot-vliegveldsysteem blijven naar verwachting toenemen.⁷³⁾ Tenzij het gedrag van mensen in het welvarende deel van de wereld drastisch verandert, zal naar de mening van de commissie het wegverkeer de voornaamste bron van luchtverontreiniging blijven in een groot-vliegveldsysteem.

De voornaamste bron van geur van het luchthavenbedrijf vormt de uitstoot van VOC door vliegtuigen. Aanpassing van de procedures bij stationair 'draaien' en bij taxiën kunnen tot verbetering leiden.¹⁷⁸⁾

Het is de commissie opgevallen dat in de meeste industrielanden regelgeving van kracht is voor de uitstoot van het wegverkeer en van de industrie; dat is niet het geval voor de uitstoot van vliegtuigen.¹¹⁾ Een geïntegreerde aanpak van de bestrijding van luchtverontreiniging staat haaks op een systeem waarin een belangrijke verontreinigingsbron, te weten de uitstoot van vliegtuigen, buiten de regelgeving valt. Om dat recht te zetten zijn, gegeven voor het grensoverschrijdende karakter van de luchtvaartindustrie, internationale afspraken noodzakelijk.

Geluid

5.1 Overzicht

In dit hoofdstuk bespreekt de commissie de effecten van geluid op de gezondheid van mensen binnen een groot-vliegveldsysteem. Het accent ligt op blootstelling aan vliegtuiggeluid in de omgeving van de luchthaven. Vliegtuiggeluid leidt mensen die wonen, werken of reizen onder of nabij de vluchtroutes, af van de zaken waarmee ze doende zijn, vermoedelijk in sterkere mate dan andere vormen van omgevingsgeluid ter plaatse. Op de luchthaven zelf is blootstelling aan geluid in de eerste plaats een arbeidshygiënisch probleem. Passagiers lijken de heersende geluidniveaus te accepteren als behorend bij de gekozen vorm van vervoer.

Het bewijs voor de invloed van geluid op de gezondheid komt voor een belangrijk deel uit onderzoek naar de gezondheidseffecten van andere geluidbronnen dan vliegtuigen. De commissie meent dat die gegevens ook van belang zijn voor haar oordeel over vliegtuiggeluid. Afgezien van aantasting van het gehoor, variëren de gevolgen van blootstelling aan geluid van sociaal-psychologische effecten als hinder, effecten op de geestelijke gezondheid, slaapverstoring en beïnvloeding van de prestaties tot gevolgen van stress zoals hoge bloeddruk of ischemische hartziekten. Personeel op de luchthaven en vliegtuigpersoneel lopen een risico op gehoorbeschadiging, maar dit effect is in het algemeen niet te verwachten bij de bevolking in de omgeving van een luchthaven, gegeven de daar gebruikelijk heersende geluidniveaus.

De commissie is uitgegaan van recente overzichtspublicaties, die naar haar oordeel de stand der wetenschap goed weergeven. In het bijzonder betrok zij in haar

beschouwingen de adviezen van de Gezondheidsraad over vliegtuiglawaai en slaap⁹²⁾, over geluid en gezondheid⁹³⁾ en over geluidmaten voor geluidhinder en slaapkwaliteit⁹⁶⁾, en een recent overzichtsrapport van het Britse National Physical Laboratory¹⁹⁷⁾ dat ook gegevens die zijn gepubliceerd sinds het rapport van de Gezondheidsraad uit 1994, in beschouwing nam. Over onderwerpen waarover in wetenschappelijke kring onenigheid bestaat, raadpleegde de commissie ook originele onderzoeksverslagen.

5.2 Grootheden voor geluidblootstelling

Geluid is een fysisch verschijnsel van afwisselende verdichtingen en verdunningen in de lucht, die van een geluidbron in alle richtingen uitgaan. Het aantal drukvariaties per seconde (de frequentie) bepaalt de toonhoogte. Lawaai kan kortweg worden omschreven als ongewenst geluid.

Voor het beoordelen van geluidniveaus en hun invloed op de gezondheid zijn verscheidene zogeheten biofysische maten voorgesteld. Deze maten gaan meestal uit van een fysische grootheid waarop 'correcties' worden toegepast die de gevoeligheid van mensen voor het geluid in rekening brengen. De correctie factoren hangen af van de frequentie, andere geluidkarakteristieken (continu of intermitterend, impuls, tonale kwaliteit, e.d.) en van de bron van het geluid. In het kader van dit advies zijn de volgende maten van belang:⁹⁶⁾

- P** *Geluiddrukniveau* Geluiddrukken variëren in de praktijk over een groot traject, van minder dan 20 micropascal tot meer dan 200 pascal. Dat heeft ertoe geleid dat in de akoestiek wordt gewerkt met de logaritme van de geluiddruk ten opzichte van een referentieniveau: het geluiddrukniveau in decibel (dB).
- P** *Geluidniveau* Het menselijk gehoor is niet gelijkelijk gevoelig voor geluiden bij verschillende frequenties. Om de luidheid in rekening te brengen, gebruikt men bij het meten van geluid een filter met ongeveer dezelfde frequentie-afhankelijkheid als het menselijk gehoororgaan, de zogenoemde A-karakteristiek. Als de geluiddruk-niveaus zijn gemeten met gebruikmaking van het A-filter, noemt men de uitkomst het A-gewogen geluidniveau, uitgedrukt in dB(A).
- P** *Equivalent geluidniveau* Als het geluidniveau fluctueert, wat meestal het geval zal zijn met omgevingsgeluid, wordt het equivalente geluidniveau over een zekere tijd bepaald. Daartoe wordt het A-gewogen geluiddrukniveau volgens een bepaald voorschrift gemiddeld over de blootstellingsperiode T (symbool $L_{Aeq,T}$). Veel gebruikte blootstellingsperioden zijn 24 uur (etmaal) of 8 uur (werkdag). In het kader van regelgeving gaat het vaak om over een jaar gemiddelde equivalente geluidniveaus over 24 uur of 8 uur.

- P** *Dag-nachtniveau (L_{dn})** In het kader van gezondheidsrisico-analyses, in het bijzonder in verband met geluidhinder, wordt het zogeheten dag-nachtniveau gebruikt; deze grootheid is het equivalente geluidniveau over 24 uur, waarbij de nachtelijke geluidniveaus (periode 23-07 uur) zijn verhoogd met 10 dB(A). Ook wordt wel het ‘dag-avond-nachtniveau’ (L_{den}) gebruikt; deze grootheid lijkt op L_{dn} , maar nu worden de geluidniveaus ‘s avonds (19-23 uur) met 5 dB(A) en die ‘s nachts (23-07 uur) met 10 dB(A) verhoogd. Ook deze grootheid wordt in analyses en regelgeving vaak over een jaar gemiddeld.
- P** *Geluidmaat voor vliegtuiglawaai (B)* In verschillende landen worden normen voor vliegtuiggeluid thans uitgedrukt in het dag-nachtniveau of het dag-avond-nachtniveau (zie discussie in ⁹⁶). In Nederland is de regelgeving voor vliegtuiggeluid echter (nog) gebaseerd op een speciale grootheid, aangeduid met B en uitgedrukt in Kosten-Eenheden. Deze grootheid is samengesteld uit onder andere het jaarlijks aantal vluchten met maximaal geluidniveau van meer dan 65 dB(A), een maximaal geluidniveau gedurende een vliegtuigpassage en een gewichtsfactor voor het tijdstip van de dag.
- P** *Geluidblootstellingsniveau van een geluidgebeurtenis* Het geluidblootstellingsniveau of SEL van een geluidgebeurtenis van een vliegtuigpassage is het equivalente geluidniveau gedurende de gebeurtenis genormaliseerd op 1 seconde.

5.3 Blootstelling aan geluid in een groot-vliegveldsysteem

Bronnen

De belangrijkste geluidbronnen in een groot-vliegveldsysteem lopen nogal uiteen:

- P** motorgeluid van vliegtuigen in de lucht of aan de grond (waaronder het testen van motoren en het afremmen onder *reverse thrust*)
- P** grondverkeer op de luchthaven
- P** verplaatsing en gepraat van mensen op de luchthaven
- P** weg- en treinverkeer in de omgeving van de luchthaven
- P** industriegeluid in de omgeving van de luchthaven.

De bijdragen van al deze bronnen aan het geluidniveau waaraan mensen zijn blootgesteld, hangt af van de locatie, de tijd van de dag, de periode van het jaar, e.d. Maar in alle genoemde gevallen gaat het om blootstelling die dag-in-dag-uit, jaar-in-jaar-uit voortduurt en — onder de veronderstelling dat het luchtverkeer wereldwijd blijft groeien — bij de meeste luchthavens een grote kans heeft toe te nemen. Deze trend kan

* Dag-nachtniveau en dag-avond-nachtniveau geven een betere correlatie met hinder dan het equivalente geluidniveau.

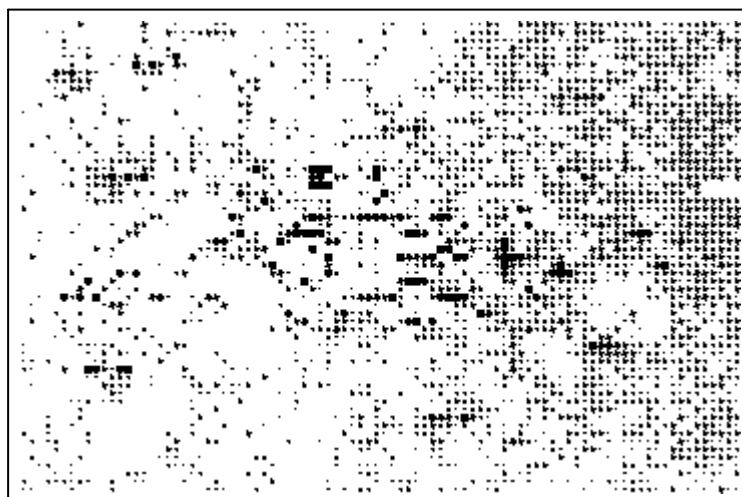
mogelijk door de technologische ontwikkeling enigszins worden omgebogen, in het bijzonder via het stiller worden van auto- en vliegtuigmotoren en betere isolatie van woningen.

Beroepsmatige blootstelling

De beroepsmatige blootstelling van personeel op de luchthaven en vliegend personeel aan geluid, bespreekt de commissie in paragraaf 7.4. Voor werkers in de omgeving van de luchthaven zal in het algemeen gelden dat hinder door wegverkeers- en vliegtuigeluid overheersen, naast hinder en gehoorverlies door industriële geluidbronnen. Doeltreffende arbeidshygiënische maatregelen kunnen deze effecten verminderen.

Blootstelling van passagiers

De commissie is niet gestoten op onderzoek naar de effecten van blootstelling aan geluid bij vliegtuigpassagiers. De aard en duur van de blootstelling is zodanig dat gezondheidseffecten bij hen niet zijn te verwachten.



Figuur 7 Contouren van equivalente geluidniveaus (24 uur) van 57, 63 en 69 dB(A) rond Heathrow in 1997.⁶⁴⁾

Blootstelling aan omgevingsgeluid

De dag-avond-nachtniveaus veroorzaakt door vliegtuigen in woonwijken in de omgeving van een luchthaven kunnen (op straat) waarden van 60 en soms van 70 dB(A) te boven gaan. Rond Schiphol leven 15 000 mensen in gebieden met equivalente geluidniveaus veroorzaakt door vliegtuigen van meer dan 60 dB(A).¹⁷⁶⁾ Blootstellingsniveaus van vliegtuiggeluid hangen sterk af van de ligging van de start- en landingsbanen en van de aan- en afvliegroutes. Figuur 7 toont de geluidniveaus rond Heathrow volgens gegevens van 1997.

5.4 Verband met gezondheid en welzijn

Gezondheidsraadadvies 1994⁹³⁾

De Commissie 'Geluid en gezondheid' van de Gezondheidsraad beoordeelde de gezondheidseffecten van omgevingsgeluid en geluid op het werk aan de hand van de destijds (1994) beschikbare gegevens. Zij duidde de zeggingskracht van de gegevens aan volgens categorieën van het *International Agency on the Research of Cancer*¹²³⁾ als voldoende, beperkt, niet adequaat of het ontbreken van bewijs en heeft ook zogeheten waarnemingsdrempels aangegeven, dat wil zeggen de laagste niveaus waarboven in het algemeen in goed opgezet epidemiologisch onderzoek het effect is waargenomen.* Een samenvatting van de conclusies staat in bijlage H. De commissie uit 1994 achtte voldoende bewijs aanwezig voor de volgende effecten van geluid: gehoorverlies, hoge bloeddruk, ischemische hartziekten, hinder, slaapverstoring en leerprestaties (zie hierna en bijlage H voor de geluidniveaus waarvoor dit oordeel geldt). Deze effecten zijn ook te verwachten in een groot-vliegveldsysteem.

Gehoorverlies door blootstelling aan geluid is van belang voor vliegveld- en vliegend personeel, maar zal zelden optreden bij mensen in de omgeving van een luchthaven. Bij blootstelling aan equivalente geluidniveaus (24 uur) van meer dan 70 dB(A) gedurende vele jaren zullen enkele personen naar verwachting gehoorbeschadiging oplopen.

In het Gezondheidsraadadvies van 1994 werd de bewijskracht voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan geluid en biochemische effecten, effecten op het immuunsysteem, geboortegewicht, psychische ziekten, verzuim, prestaties en psychosociaal welzijn als beperkt aangemerkt. Dat gold ook voor de invloed van slaapverstoring door geluid op hormoonspiegels en op prestaties de volgende dag. Het bewijs voor

* De waarnemingsdrempels geldend voor een doorsnee-bevolkingsgroep van volwassenen of volwassenen werknemers, of voor een anderszins omschreven doorsnee-bevolkingsgroep, zoals baby's of tijdens de zwangerschap blootgestelde vrouwen.

met slaapverstoring samenhangende veranderingen in het immuunsysteem werd inade-
quaat geacht, terwijl de gegevens voor aangeboren afwijkingen wezen op de afwezig-
heid van een oorzakelijk verband met blootstelling aan geluid.

Het rapport van het National Physical Laboratory¹⁹⁷⁾

Het rapport van het Britse National Physical Laboratory bespreekt recente
overzichtspublicaties en originele artikelen, in het bijzonder die van het Institute of
Environment and Health van de University of Leicester¹²¹⁾, Berglund²⁶⁾, Job¹³⁰⁾, Shaw²¹⁴⁾,
Thompson²³⁸⁾ en Morrell¹⁷²⁾, worden gebruikt om de bevindingen van de Gezond-
heidsraad in 1994, zo nodig, bij te stellen. In het algemeen blijken de recentere publica-
ties goed te sporen met de conclusies van de Gezondheidsraad als we er van uitgaan
dat de kwalificatie 'inconclusive' overeenkomt met het 'beperkt' van de
Gezondheidsraad.

Over twee effecten blijkt verschil van mening te bestaan. 'Leicester' en Morrell
beoordelen het bewijs voor het ontstaan van hoge bloeddruk door geluid als 'inconclusi-
ve', terwijl de Gezondheidsraad het 'voldoende' achtte. Dit punt wordt hieronder nader
besproken. Een tweede verschil vormt de beoordeling van aangeboren afwijkingen.
Volgens de Gezondheidsraad waren er aanwijzingen voor het ontbreken van een relatie
met blootstelling aan geluid, terwijl Shaw zo'n relatie inadequaet noemt. De commissie
onderschrijft het oordeel van de Gezondheidsraad uit 1994.

In het rapport van het National Physical Laboratory en in enkele andere publicaties
komen zaken aan de orde die nadere bespreking verdienen. Ook deze passeren hieron-
der de revue aan de hand van informatie uit overzichtspublicaties en originele literatuur.

Verandering van hormoonspiegels

In 1994 noemde de Gezondheidsraad het bewijs voor een invloed van het optreden van
biochemische effecten door blootstelling aan omgevingsgeluid beperkt. In verschillende
onderzoeken zijn verhoogde niveaus van stresshormonen in samenhang met blootstelling
aan geluid waargenomen, hetgeen te verwachten is als geluid als stressor werkt.⁹³⁾
Onlangs zijn deze bevindingen bevestigd: een acute toename van catecholamine- en
cortisolspiegels is waargenomen na blootstelling aan geluidniveaus ($L_{Aeq,24h}$) groter dan
60 dB(A), voor zover bezigheden werden verstoord.^{77), 128)} De commissie acht deze
resultaten bijzonder belangwekkend, maar meent dat nader epidemiologisch onderzoek
nodig is om definitieve conclusies te kunnen trekken over effecten op hormoonspiegels
(zie ook de paragraaf over 'slaapverstoring' hieronder).

Hinder

Het advies van de Gezondheidsraad uit 1997 over geluidmaten richtte zich op algemene hinder* en op hinder door slaapverstoring. In het advies zijn blootstelling-responsrelaties voor verschillende bronnen van omgevingsgeluid aangegeven. Onlangs zijn — in overeenstemming met een aanbeveling in het advies uit 1997 — de gegevens over geluidhinder** opnieuw geanalyseerd. Dat heeft geresulteerd in enigszins afwijkende verbanden voor algemene hinder.¹⁶⁹⁾ De verkregen curven zijn weergegeven in bijlage H; de verbanden gelden voor bevolkingsgroepen die gedurende ten minste één jaar aan geluid zijn blootgesteld. De verbanden in bijlage H laten bij de hogere geluidniveaus statistisch significante verschillen zien in de geluidhinder veroorzaakt door verschillende vormen van verkeer (lucht, weg, rail). Hetzelfde geldt voor hinder door slaapverstoring.

Geluid is slechts één van de factoren die hinder veroorzaakt, maar wel een belangrijke.^{102), 131), 226)} De mate van hinder bij een gegeven geluidniveau kan daardoor in de praktijk aanzienlijk verschillen van hetgeen op grond van de blootstelling-responsrelaties in bijlage H te verwachten is. Uit een onlangs verricht onderzoek bleek dat 18% tot 31% van de personen van 18 jaar en ouder die wonen binnen een straal van 25 kilometer rond Schiphol, dat wil zeggen 250 000 tot 500 000 mensen, ernstig gehinderd waren.²³⁹⁾ Dit is aanzienlijk meer dan volgt uit de gegevens in bijlage H, die zijn gebaseerd op onderzoek in diverse landen. De commissie onderschrijft de mening van de onderzoekers dat niet-akoestische factoren een verklaring voor dit verschil kunnen vormen. Factoren die bij Schiphol mogelijk een rol spelen, zijn: verhoogde gevoeligheid voor geluid, angst voor neerstortende vliegtuigen***, en het verhitte debat over de toekomst van de luchthaven. Verder is het de vraag of de situatie rond Schiphol tijdens het onderzoek voldeed aan de voorwaarden van langdurige, gelijkmatige geluidblootstelling waaronder de verbanden in bijlage H zijn afgeleid.

Niet-akoestische factoren kunnen niet alleen meer hinder geven, maar ook een afname van de geluidhinder bewerkstelligen. Een voorbeeld is het bij Heathrow in zwang zijnde alternerende baangebruik (zie bijlage C). Onderzoekmateriaal naar het

* Hinder werd in dat rapport omschreven als een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwettheid dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten beïnvloedt. Dezelfde definitie is in dit advies gebruikt.

** De analyse in het Gezondheidsraadadvies van 1997 en de heranalyse van Miedema maakten gebruik van een gegevensbestand, beheerd door TNO Preventie en Gezondheid en opgebouwd met financiële steun van het Ministerie van VROM. Het gegevensbestand bevat informatie, op individueel niveau, van alle onderzoeken naar geluidhinder waarvan de originele gegevens beschikbaar waren.

*** In het bijzonder in samenhang met het ongeval van 1992, toen een vrachtvliegtuig van El-Al neerstortte op een flatgebouw in de Bijlmer.

daadwerkelijk effect van dergelijke maatregelen ontbreekt echter. De commissie komt op dit onderwerp terug in paragraaf 8.2 en paragraaf 9.3.

Geluid kan ook bezorgdheid en angst oproepen, afhankelijk van de geluidbron. Dat geldt in het bijzonder voor vliegtuiggeluid vanwege de associatie met vliegtuigongevallen en mogelijk met gevoelens van hulpeloosheid door het gebrek aan mogelijkheden om zelf het geluid te weren. Passchier-Vermeer concludeerde in haar uitgebreide literatuuronderzoek, dat angst hinder oproept.¹⁹⁰⁾ Uit een recente analyse bleek dat eveneens en tevens dat geluidgevoeligheid een belangrijke rol speelt bij het optreden van geluidhinder.¹⁷⁰⁾

Slaapverstoring

Uit de gepubliceerde gegevens valt af te leiden dat er voldoende bewijs is dat blootstelling aan geluid de slaap verstoort en veranderingen in slaappatroon, slaapstadium, subjectieve slaapkwaliteit en ontwaakreacties teweegbrengt. Daarnaast veroorzaakt geluid tijdens de slaap ook andere effecten als een versnelde hartslag. Ten slotte is aangetoond dat nachtelijk geluid de stemming de volgende dag nadelig beïnvloedt.

Onlangs hebben Ising, Babisch, Maschke en hun medewerkers onderzoek afgerond naar de effecten op de hormoonspiegels van acute en chronische blootstelling aan verkeerslawaaï tijdens de slaap. Zij namen acute en chronische veranderingen van de uitscheiding van de stresshormonen (catecholaminen en cortisol) waar in dwarsdoorsnede- en longitudinaal onderzoek.^{18), 163), 164)} Deze veranderingen zijn gevonden in ‘pseudo’-veldonderzoek* bij waarden van $L_{Aeq,23-06h}$ van ongeveer 42 dB(A) in de slaapkamer.^{128) 164)} Nader epidemiologisch onderzoek is nodig om uitsluitsel te geven over de vraag of het oorzakelijke verband tussen blootstelling aan geluid ‘s nachts en stresshormoonspiegels als voldoende kan worden aangemerkt. De commissie onderschrijft vooralnog het oordeel in het Gezondheidsraad advies van 1994 dat het bewijs voor een oorzakelijk verband beperkt is.

Effecten bij kinderen

De commissie vestigt de aandacht op publicaties over effecten op leerprestaties van kinderen** en op stress en bloeddruk bij kinderen. Evans en collega’s toonden bij schoolkinderen nabij het voormalige vliegveld van München leerachterstand en verlies van lange-termijngeheugen aan; deze effecten verdwenen nadat het vliegveld in 1992

* De onderzoekers namen reacties waar van mensen die in hun eigen huis waren blootgesteld aan ‘normaal’ vliegtuiggeluid en daarenboven aan ‘kunstmatig’ vliegtuiggeluid.

** Het bewijs van deze effecten is in het Gezondheidsraad advies van 1994 als ‘voldoende’ beoordeeld; zie bijlage H.

zijn poorten sloot.^{75), 120)} * Na 1992 namen zij overeenkomstige effecten waar bij kinderen in de omgeving van het nieuwe vliegveld van München. De niveaus van catecholaminen in de ochtendurine van kinderen die jarenlang aan het vliegtuiggeluid van het voormalige vliegveld waren blootgesteld, waren statistisch significant hoger dan die bij referentiekinderen.⁷⁵⁾ Verder bleek uit longitudinaal onderzoek onder kinderen bij het nieuwe vliegveld dat de niveaus van catecholaminen in de ochtendurine statistische significant toenamen in de loop van de tijd. Ook de systolische bloeddruk was statistische significant hoger bij kinderen die langdurig waren blootgesteld aan vliegtuiggeluid, dan bij niet blootgestelde kinderen.⁷⁷⁾ De geluidniveaus ($L_{Aeq,24h}$) bedroegen van 62 dB(A) voor de onderzoeksgroepen en niet meer dan 53 dB(A) voor de referentiekinderen. Leesachterstand is ook gevonden in een dwarsdoorsnede-onderzoek onder schoolkinderen nabij een vliegveld in New York die langdurig waren blootgesteld aan equivalente geluidniveaus (24 h) van 65 dB(A).⁷⁶⁾ Langdurige blootstelling aan vliegtuiggeluid boven 66 dB(A) ($L_{Aeq,16h}$) bleek de leesprestaties van schoolkinderen in de omgeving van Heathrow nadelig te beïnvloeden.¹⁰⁴⁾ Sociaal-economische factoren bleken in dit geval een belangrijke rol te spelen.

In het algemeen bevestigt dit recente onderzoek de resultaten van eerder onderzoek onder schoolkinderen nabij het vliegveld van Los Angeles in het begin van de jaren tachtig^{53), 54)} en ondersteunt het het 'voldoende' oordeel voor een negatieve invloed van geluid op leerprestaties (bijlage H). Het nieuwe onderzoek geeft niet aan dat de waarnemingsdrempel van 70 dB(A) te hoog is ingeschat. Aangezien deze effecten bij kinderen het functioneren gedurende een groot deel van het leven kunnen beïnvloeden, acht de commissie verder onderzoek naar die invloed op de lange termijn van groot belang.

Lange-termijneffecten

Onderzoek naar de gezondheidseffecten van geluid op de lange termijn had voornamelijk hart- en vaataandoeningen zoals hypertensie en ischemische hartziekten tot studieobject. In het advies van de Gezondheidsraad van 1994 is het bewijs voor deze effecten als 'voldoende' aangemerkt voorzover de equivalente geluidniveaus (6-22 h) de waarnemingsdrempel van 70 dB(A) overschreden. Onlangs evalueerde Babisch de resultaten van tien epidemiologische onderzoeken (1977-1995) naar het verband tussen verkeersgeluid en het optreden van hoge bloeddruk.²⁰⁾ Helaas ging het hier vooral dwarsdoorsnede-onderzoek, terwijl de kwaliteit van de schatting van de blootstelling moeilijk te beoordelen is. De relatieve risico's voor hypertensie in samenhang met blootstelling aan wegverkeersgeluid met equivalente geluidniveaus tussen 60-70 dB(A)

* Zie ook bijlage C.

(6-22 h) blijken aanzienlijk uiteen te lopen. In twee onderzoeken werd een relatief risico groter dan 1 gevonden voor personen die woonden in gebieden met een geluidniveau van meer dan 70 dB(A). Het meest recente prospectieve longitudinale onderzoek gaf een statistisch niet-significant relatief risico tussen 1,1 en 1,5 aan voor wegverkeersgeluidniveaus groter dan 65-70 dB(A) vergeleken met blootstelling aan geluidniveaus van 51-55 dB(A) (6 tot 22h).^{20), 21)} Hoewel de resultaten statistisch niet significant zijn, passen ze wel binnen het patroon van eerdere bevindingen over de cardiovasculaire effecten van verkeersgeluid.⁹³⁾

Deze gegevens zijn niet in tegenspraak met de beoordeling in het Gezondheidsraadadvies van 1994. De huidige commissie neemt dan ook de eerdere conclusie over dat boven een waarnemingsdrempel van 70 dB(A) er voldoende bewijs is voor het optreden van ischemische hartziekte en hypertensie onder invloed van geluid. De commissie beveelt nader longitudinaal onderzoek aan om het inzicht in de waarnemingsdrempels en de blootstelling-responsrelatie voor cardiovasculaire aandoeningen te vergroten.

Combinaties van geluid uit verschillende bronnen

Mensen zijn op een en dezelfde plaats of in de loop van de dag (en nacht) veelal blootgesteld aan geluid uit verschillende bronnen. Zo ondergaan ze bijvoorbeeld zowel wegverkeers- als vliegtuiggeluid in de woonomgeving of zijn ze blootgesteld aan geluid op het werk en op andere tijdstippen in en rond de woning aan vliegtuiggeluid. Onderzoek naar de effecten van geluid uit verschillende bronnen gedurende een etmaal ontbreekt vrijwel volledig. Alleen voor gehoorverlies en voor geluidhinder zijn er gegevens die het mogelijk maken iets te zeggen over zo'n combinatie-effect.^{93), 96)} In het Gezondheidsraadadvies uit 1997 over geluidmaten is onder voorbehoud een methode voorgesteld om hinder veroorzaakt door verschillende geluidbronnen te beoordelen.

5.5 Mechanismen

De literatuur bevat een uitgebreide bespreking van de mechanismen die aan gezondheidseffecten door geluid ten grondslag zouden kunnen liggen. Deze discussie wordt gevoed door het feit dat, met uitzondering van gehoorbeschadiging door geluid, de effecten niet het gevolg zijn van een 'toxische' werking van de geluidenergie, maar van de perceptie van het geluid.

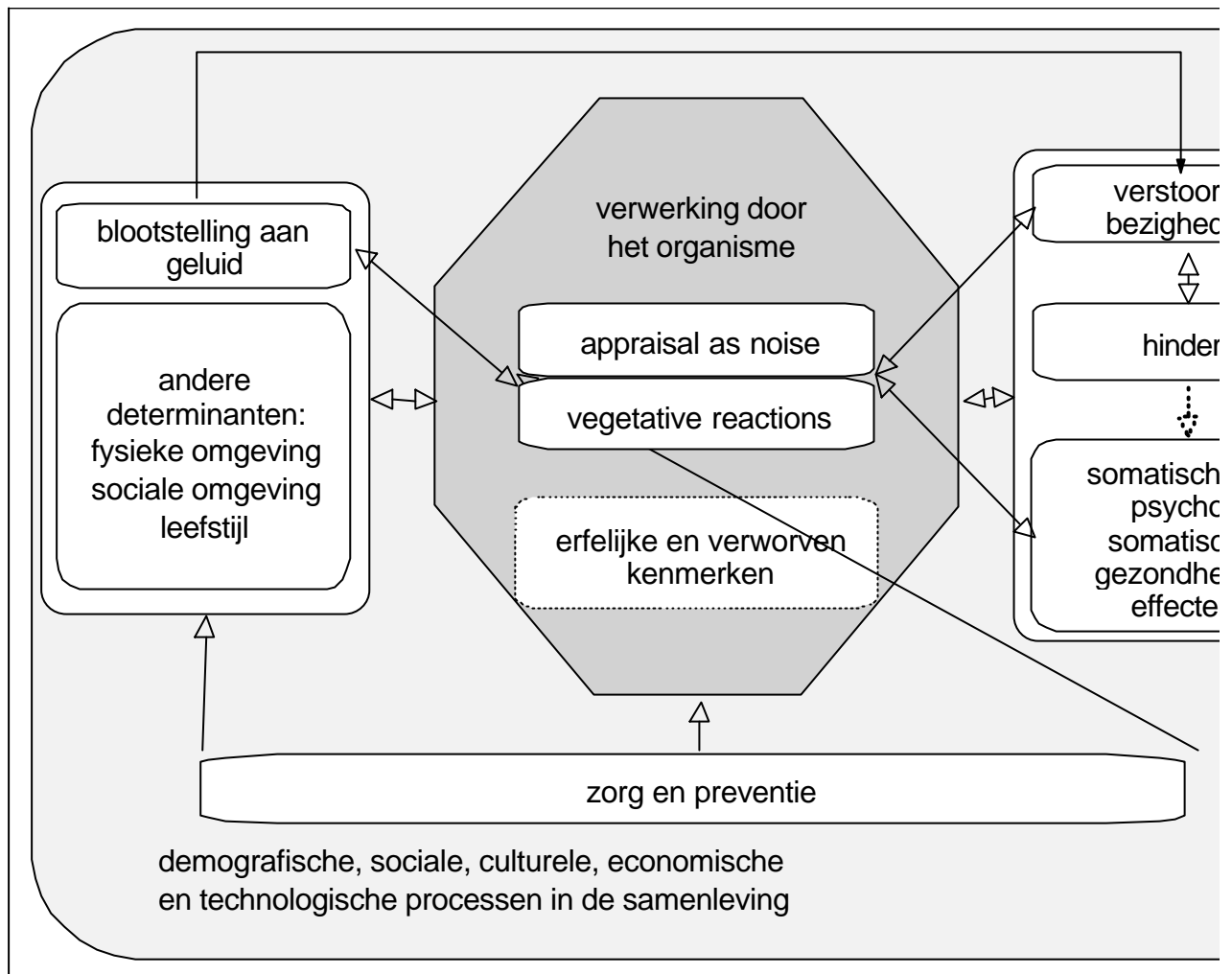
In hoofdstuk 3 beschreef de commissie een model voor het verband tussen milieu-factoren en gezondheid. In dat model staat de verwerking van de blootstelling door het organisme centraal. De discussie over de invloed van geluid op de gezondheid gaat vooral over de wijze van verwerking door het organisme. 'Stress' lijkt een belangrijke rol te spelen. De reacties op een stressor kunnen van psychosomatische en somatische

aard zijn. Onder psychische effecten vallen angstgevoelens, depressies en frustraties. Op fysiologisch niveau stimuleert stress het centraal zenuwstelsel en de hormonale activiteit.⁹³⁾ In figuur 8 zijn de huidige inzichten in het verband tussen geluid en gezondheid modelmatig weergegeven.

Blootstelling aan geluid kan direct of indirect de vegetatieve, hormonale, cognitieve en emotionele regelmechanismen van het organisme beïnvloeden. Verstoring van activiteiten zoals gesprekken, ontspanning en slaap, is een voorbeeld van een indirecte invloed. Een negatieve waardering (*appraisal*) van geluid kan tot acute negatieve fysiologische en psychologische effecten leiden; fysiologische door onder meer de productie van stresshormonen, psychologische door onder meer hinder en berusting. Voortdurende blootstelling aan geluid zal resulteren in een chronische ontregeling van het organisme die op de lange duur kan leiden tot bijvoorbeeld cardiovasculaire aandoeningen en mogelijk andere ziekten in de blootgestelde bevolking.

Figuur 8 Model voor het verband tussen blootstelling aan geluid en gezondheid (zie ook figuur 3).

Dit beeld gaat ervan uit dat geluid op zich een determinant is van gezondheid. Andere factoren zullen echter de ma



nier waarop het organisme het 'geluidsignaal' verwerkt, modifieren. Voorbeelden van dergelijke factoren zijn de vertrouwdheid met het geluid, de houding van het individu en de gemeenschap tegenover de geluidbron, de veronderstelde mogelijkheden om de geluidblootstelling te kunnen beheersen, iemands geluidgevoeligheid (bijvoorbeeld versterkt door angst voor een vliegtuigongeval), de perceptie van de blootstelling aan milieufactoren in het algemeen en het vermogen om met het geluid om te gaan (*coping*). (102), (125), (130), (172), (197) Verder spelen factoren zoals leefstijl, de aanwezigheid van andere stressoren en de algemene gezondheidstoestand, een rol bij het optreden van met de blootstelling samenhangende ziekte.

Het model van figuur 8 vergt nog wel bevestiging door middel van empirisch onderzoek. Maar de commissie acht het plausibel dat geluidhinder en door geluid verstoorde slaap (met inbegrip van vaker wakker worden) het optreden van ziekteverschijnselen in de blootgestelde bevolking doet toenemen. Omdat zo veel andere factoren hierbij een

rol spelen, zal het niet gemakkelijk zijn de onderliggende mechanismen met behulp van epidemiologisch onderzoek te verhelderen. De commissie onderstreept dat het in deze paragraaf beschreven model betrekking heeft op langdurige blootstelling aan geluid, dat wil zeggen gedurende vele maanden en jaren. Zij acht zo'n situatie echter relevant voor een groot-vliegveldsysteem

5.6 Gezondheidseffecten van geluid in een groot-vliegveldsysteem

In tabel 10 vat de commissie de gezondheidseffecten van blootstelling aan omgevingsgeluid, waaronder vliegtuiggeluid samen. Zij beoordeelt tevens de bewijskracht van een oorzakelijk verband tussen blootstelling en effect, de ernst van het effect en het aantal getroffen. Voor effecten met voldoende bewijskracht zijn ook de waarnemingsdrempels vermeld.

De commissie concludeert dat er voldoende bewijs is voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en hypertensie, ischemische hartziekten, ernstige hinder, slaapverstoring en vermindering van schoolprestaties. Het bewijs voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan omgevingsgeluid met effecten op het immuunsysteem, het hormonale systeem, de geestelijke gezondheid en het prestatievermogen is beperkt. Algemene geluidhinder en slaapverstoring zijn de meest wijd verspreide effecten van omgevingsgeluid.

Tabel 10 Overzicht van de gezondheidseffecten van blootstelling aan omgevingsgeluid.

gevolg	bewijskracht ¹	ernst ²	getroffenen ³	waarnemingsdrempel $L_{Aeq,T}$ in dB(A) ^{4 5}
hypertensie	** *	**	**	70, 06-22 uur, buiten
ischemische hartziekte	** *	** *	*	70, 06-22 uur, buiten
hinder	** *	*	** *	42 ⁶ , 24 uur (dn), buiten
<i>slaapverstoring, veranderingen in:</i>				
slaappatroon	** *	*	** *	
ontwaken	** *	**	** *	50, SEL, binnen
slaapstadium	**	*	**	35, SEL, binnen

gevolg	bewijs- kracht ¹	ernst ²	getroffe- nen ³	waarnemingsdrempel $L_{Aeq,T}$ in dB(A) ^{4 5}
	*		*	
subjectieve slaapkwaliteit	**	*	**	40, night, buiten
	*		*	
hartslag	**	*	**	40, SEL, binnen
	*		*	
stemming volgende dag	**	**	*	<60, nacht, buiten
	*			
hormoonspiegels	**	*		
prestaties de volgende dag	**	**		
immuunsysteem	*	*		
leerprestaties	**	**	**	70, school, buiten
	*			
prestatievermogen	**	*		
biochemische effecten	**	*		
immunologische effecten	**	*		
geboortegewicht	**	**		
psychische ziekten	**	**		
		*		
psycho-sociaal welzijn	**	**		
aangeboren afwijkingen	-	**		
		*		

1 * = niet adequate, inconsistente bewijskracht, ** = beperkte bewijskracht, *** = voldoende bewijskracht

2 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

3 * = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden; dit oordeel is alleen gegeven bij voldoende bewijs voor een causaal verband

4 school = blootstelling van kinderen op school, dn = dag-nachtniveau, SEL = geluidblootstellingsniveau

5 - Waarnemingsdrempels zijn alleen vermeld als het bewijs voor het verband tussen blootstelling aan geluid en het desbetreffende gezondheidseffect voldoende werd geacht. De waarnemingsdrempels voor hypertensie en ischemische hartziekten op basis van het equivalente geluidniveau over 24 uur zijn ongeveer gelijk aan de tabel vermelden waarden.

6 - ernstige hinder

Het effect van omgevingsgeluid op de gezondheid is niet altijd even ernstig. De gezondheidskundige betekenis hangt af van de mate waarin ze orgaanfuncties (of sociaal-psychologisch functioneren) beïnvloeden of omkeerbaar zijn, en van het vermogen tot compensatie of herstel. Zo zijn slaapstoornissen en invloed op de stemming en de prestaties de volgende dag tot op zekere hoogte normale verschijnselen. Op een gegeven ogenblik kunnen de slaapstoornissen echter een ernstig karakter aannemen en het fysieke, geestelijke en sociale functioneren verstoren.

Externe veiligheid

6.1 Overzicht

In dit hoofdstuk bespreekt de commissie ongevallen in een groot-vliegveldsysteem. De nadruk ligt op vliegtuigongevallen (*crashes*), in het bijzonder op het daarmee verbonden externe-veiligheidsrisico, dat wil zeggen het risico voor mensen in de omgeving van een luchthaven. De commissie meent echter dat bij het beheersen van ongevalsrisico's in een groot-vliegveldsysteem alle vormen van ongevallen — dus ook die van het wegverkeer en van bedrijvigheid in de omgeving van de luchthaven — in samenhang moeten worden beschouwd.

In hoofdstuk 2 gaf de commissie voorbeelden van ongevallen (tabel 5). Deze tabel is opnieuw afgedrukt als tabel 11. Tot de gezondheidseffecten van ongevallen behoren verwondingen, sterfte en gezondheidseffecten op de lange termijn onder passagiers, werknemers en mensen in de omgeving van de luchthaven (bewoners, werkers, reizigers).

In eerste aanleg heeft de commissie vijf publicaties bestudeerd: vier over Schiphol, te weten twee van de RAND-organisatie ^{114), 35)}, één van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium ¹⁹⁴⁾, een artikel van Hale dat ook over Schiphol gaat maar een meer algemene inhoud heeft ¹⁰⁵⁾, en een rapport over Britse vliegvelden. ⁷⁴⁾

Tabel 11 Voorbeelden van ongevallen en bijna-ongevallen die zich in een groot-vliegveldsysteem kunnen voordoen.

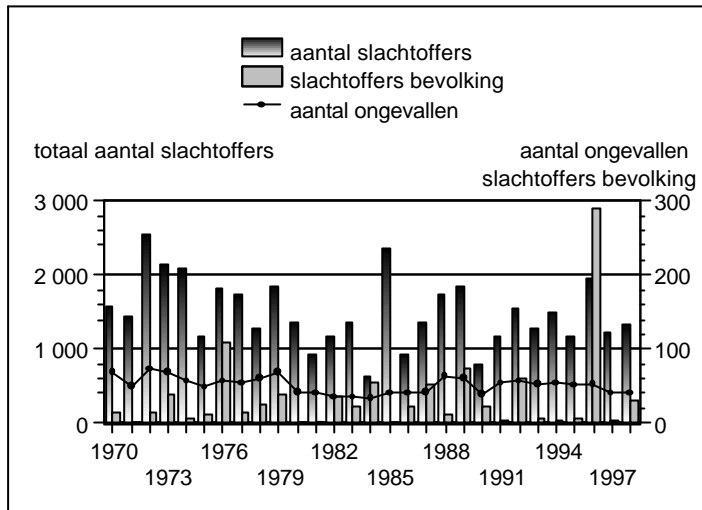
ongeval met een vliegtuig bij het opstijgen of het landen
vliegtuigongevallen tijdens het taxiën en 'at the gate' tijdens het bijtanken en herbevoorraden
ongevallen tijdens vliegtuigonderhoud
verkeersongevallen op de luchthaven
brand (of andere ernstige ongevallen) in aankomst- en vertrekhallen en passagiersterminals
ongevallen nabij de luchthaven
terroristische acties

6.2 Vliegtuigongevallen

De start en de landing van een vliegtuig ligt, althans gedeeltelijk, boven het gebied en de omgeving van de luchthaven. Met start en landing zijn hier bedoeld alle fasen voor, respectievelijk na de vlucht op kruishoogte, met inbegrip van het taxiën naar en van de start- en landingsbaan.

De frequentie van ongevallen kan op verschillende manieren worden uitgedrukt. Veel gebruikte maten zijn het aantal ongevallen per jaar, het aantal ongevallen per miljoen vluchten (vertrekkende vliegtuigen), per miljoen vliegbewegingen (starts en landingen), per miljoen vliegkilometers, per miljoen vlieguren, enzovoorts. De laatste twee genoemde maten worden vaak gebruikt om de risico's van verschillende vormen van transport met elkaar te vergelijken. Alle genoemde maten kunnen nader worden gespecificeerd naar type vliegtuig, gewicht van het vliegtuig, type vliegveld, type luchtvaartmaatschappij, enzovoorts.

Grootheden om een ongevalsrisico te beschrijven in termen van de gevolgen voor derden zijn: individueel risico, populatierisico en maatschappelijk risico.^{74), 95), 114)} Het individuele risico is de kans per jaar dat iemand overlijdt ten gevolge van een ongeval als hij of zij op een bepaalde plaats 24 uur per dag, dag in dag uit vertoeft. Het bevolkingsrisico (soms in de buitenlandse literatuur groepsrisico genoemd) is de kans per jaar dat een bepaald aantal mensen of meer in een bepaalde bevolkingsgroep overlijdt door ongevallen. Het maatschappelijke risico (in Nederland aangeduid als groepsrisico²⁴⁴⁾) is de kans per jaar dat een bepaald aantal mensen of meer tegelijkertijd overlijdt door een ongeval.

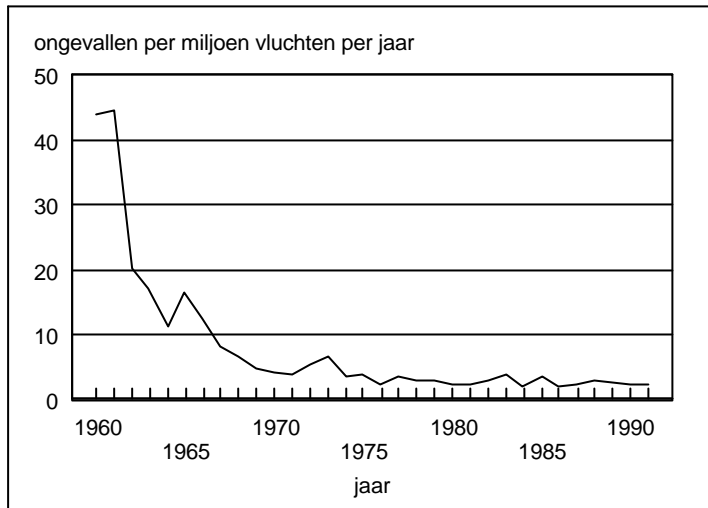


Figuur 9 Aantal vliegtuigongevallen per jaar (getrokken lijn, rechter verticale schaal), totaal aantal slachtoffers (verticale balken, linker verticale schaal) een aantal slachtoffers onder de bevolking (verticale balken, rechter verticale schaal). Ontleend aan ²⁰⁰.*

Uit figuur 9 valt af te leiden dat wereldwijd het aantal vliegtuigongevallen en het aantal slachtoffers in de afgelopen dertig jaar ongeveer gelijk zijn gebleven. De ongevalsrequentie, uitgedrukt als het aantal ongevallen per vlucht per jaar, daalde (zie figuur 10), hetgeen ook af te leiden is uit figuur 9 rekening houdend met de toename van het luchtvervoer. Het aantal ongevallen per vlucht per jaar lijkt zich te stabiliseren na een aanzienlijke daling na de introductie van het straalvliegtuig.^{35), 79)} In het algemeen is de *crash*-frequentie van opeenvolgende generaties straalvliegtuigen wel steeds lager geworden.^{114), 194)} De gepubliceerde cijfers over ongevallen en slachtoffers lopen uiteen, afhankelijk van de gegevensbronnen en het type luchtvaart dat in beschouwing wordt genomen. Uit de gegevens van figuur 9 volgt dat gedurende de laatste decennia elk jaar ongeveer 50 vliegtuigen *crashten* waarbij gemiddeld ongeveer 1500 mensen omkwamen, onder wie 35 personen onder de bevolking ter plaatse van de ramp. Hillestad noemt een gemiddelde van 40 slachtoffers per jaar onder de algemene bevolking door ongevallen van de commerciële luchtvaart in de periode 1970-1992.¹¹⁴⁾ Dat het type luchtvaart er toe doet, blijkt uit figuur 11. De activiteiten van de grote luchtvaartmaatschappijen gaan met aanzienlijk minder slachtoffers per vlieguur gepaard dan, die van de algemene luchtvaart (niet-commerciële luchtvaart).

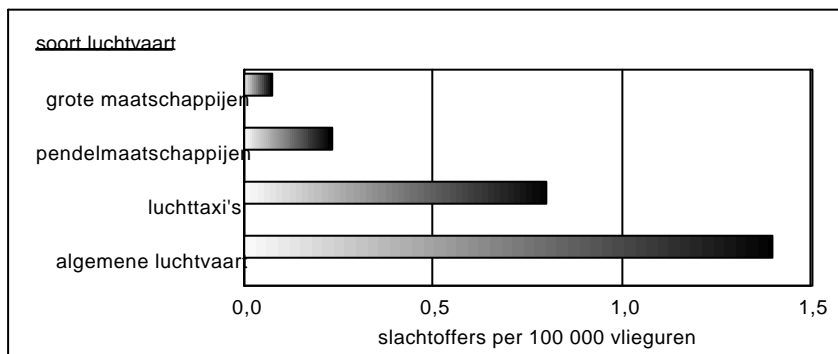
Er zijn ook verschillen in ongevalsrequentie tussen luchtvaartmaatschappijen. Deze verschillen hangen naar veronderstelling samen met de samenstelling van de vloot, de kwaliteit van instructie en training van personeel en van de zorg voor onderhoud.

* Informatie over de herkomst van deze gegevens is opgenomen in de referentielijst



Figuur 10 Ongevalsfrequentie (ongevallen per miljoen vluchten per jaar) tussen 1960 en 1990 (bron: ¹⁹⁴). De ongevalsfrequentie per miljoen vliegbewegingen (starts en landingen) is een factor twee lager. Ongevallen door sabotage en militair geweld, verwondingen veroorzaakt door turbulentie en verwondingen bij evacuatie van het vliegtuig zijn niet bij de cijfers betrokken.

De slachtoffers van vliegtuigongevallen vallen vooral onder de passagiers en de bemanning, zoals duidelijk blijkt uit figuur 9. Met enkele spraakmakende uitzonderingen leiden de meeste *crashes* niet tot slachtoffers onder de bevolking in de omgeving van een luchthaven.* Ook reddingswerkers lopen een risico in het bijzonder door het brandgevaar dat is verbonden met vliegtuigongevallen.



Figuur 11 Aantal slachtoffers van vliegtuigongevallen per 100 000 vliegreizen naar type luchtvaart (figuur 1.5 uit ¹¹⁴).

* Voorbeelden van zulke uitzonderingen zijn het neerstorten van het El Al vrachtvliegtuig (Boeing 747-258F) op een flatgebouw in Amsterdam op 4 oktober 1992 (47 dodelijke slachtoffers onder de flatbewoners) en het ongeval met een vrachtvliegtuig van African Air (Antonov 32B) op een markt nabij het vliegveld van Kinshasa op 8 januari 1996 (237 dodelijke slachtoffers onder de marktbezoekers).²⁰⁰⁾

Verscheidene factoren beïnvloeden de ongevalsrequentie. Cruciaal zijn de constructie, staat van onderhoud, het gewicht en de lading van het vliegtuig, de navigatiesystemen en de luchtverkeersbegeleiding. De ‘veiligheidscultuur’ binnen de organisaties die betrokken zijn bij het vliegbedrijf acht de commissie ook van groot belang: training, opleiding, aandacht voor bijna-ongevallen, bereidheid te leren van ervaringen, veiligheidsaudits en kwaliteitsbeheersing.^{100), 114), 145)} Het gaat vooral om luchtvaartmaatschappijen, de luchthavenautoriteit, de luchtverkeersleiding, de meteo- en andere gronddiensten. De beschikbaarheid van brandweer en EHBO en het voorbereid zijn op ongevallen bepalen mede de ernst en omvang van de gevolgen van een ongeval.

Ongeveer twee op de drie van de vliegtuigongevallen vinden plaats gedurende start of landing, dus op of nabij vliegvelden. De schatting van het ongevalsrisico omvat meestal drie stappen:

- P** het bepalen van de kans op een ongeval
- P** het bepalen van de geografische verdeling van de ongevallen
- P** het bepalen van de ongevalsconsequenties.

Historische ongevalsgegevens vormen in het algemeen de basis van de analyse. Ondanks de inspanningen van verscheidene instanties om bestanden met luchtvaartgegevens *up-to-date* en volledig te houden, is de bepaling van ongevalsrisico’s behept met onzekerheid. Zo is niet precies bekend hoeveel vluchten met een bepaald type vliegtuig zullen worden uitgevoerd, dan wel zijn de gegevens over de ongevalsconsequenties in termen van materiële en persoonlijke schade onvolledig. Daarnaast is er de fundamentele vraag in welke mate historische gegevens bruikbaar zijn voor het voorspellen van risico’s. Tot op heden is luchtvervoer veiliger geworden in termen van de ongevalsfrequentie per vlucht (zie figuur 10), maar houdt deze trend aan? Het antwoord op deze vraag hangt af van het oordeel over de technologische-ontwikkelings-mogelijkheden en het samenspel tussen mens en techniek.¹¹⁹⁾ Is het mogelijk, bijvoorbeeld, om de veiligheid van het toenemend luchtverkeer te vergroten door veiliger vliegtuigen te ontwerpen en in bedrijf te nemen? Is het mogelijk op die manier de risico’s verder in te perken zonder dat andere risicofactoren die thans onbelangrijk worden geacht, dan wel niet zijn opgespoord, de kop op steken? Deze vragen, die ook kort ter sprake komen in het laatste hoofdstuk (paragraaf 9.4), kunnen slechts met enige zekerheid worden beantwoord als alle onderliggende oorzaken van ongevallen duidelijk zijn geworden en op hun merites zijn beoordeeld. De aandacht daarvoor is van recente datum.¹⁰⁰⁾

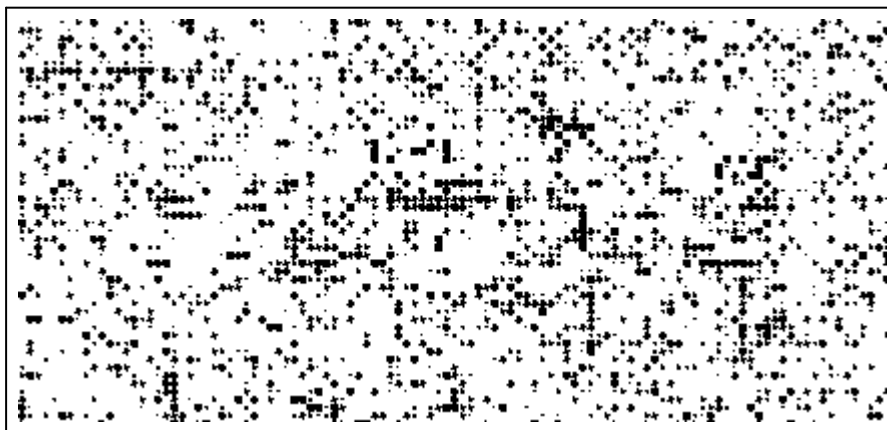
De consequenties van een vliegtuigongeval vallen uiteen in:

- P** dood, verwondingen en gezondheidseffecten op de lange termijn (bemanning, passagiers, plaatselijke bevolking, reddingswerkers)

- P** economische verliezen voor de luchthaven en de betrokken luchtvaartmaatschappij en verlies door schade aan plaatselijke objecten; deze vorm van schade kan indirect van invloed zijn op de gezondheid van de bevolking
- P** meer algemene, maatschappelijke consequenties die samenhangen met de nasleep van het ongeval (ongevalsonderzoek, zorg voor de slachtoffers, e.d.); dit verband met de gezondheid van de plaatselijke bevolking en andere betrokkenen is ingewikkeld en vaak vaag; de ongevalsnasleep kan ook bijdragen aan angst in samenhang met het wonen nabij een luchthaven.

De gevolgen van een ongeval hangen af van de aard en plaats van het ongeval de grootte, het gewicht en de lading van het vliegtuig en van de beschikbaarheid en mate van voorbereiding van brandweer en EHBO.

De bepaling van externe-veiligheidsrisico's richt zich meestal op een schatting van het aantal slachtoffers en eventueel van de materiële schade. Het resultaat van een kwantitatieve risicoanalyse van vliegtuigongevallen wordt uitgedrukt in de risicomaat 'individueel risico'. Buiten de terreingrens van grote luchthavens, ook in het verlengde van start- en landingsbanen, is het individuele risico meestal kleiner tot veel kleiner dan één per tienduizend (10^{-4}) per jaar. Op het vliegveld zelf, in het bijzonder in het verlengde van de start- en landingsbanen, kan het individuele risico hoger zijn.⁷⁴⁾ Rond grote luchthavens bevinden zich in gebieden waar het individuele risico één per honderdduizend (10^{-5}) of één op de miljoen bedraagt (10^{-6}) woonwijken, kantoren en bedrijven (voorbeelden: Heathrow, Schiphol). Figuur 12 illustreert dit voor Heathrow.



Figuur 12 Berekende contouren van het individueel-risiconiveau (externe veiligheid) rond Heathrow (1994).⁷⁴⁾

Het individueel risico vertelt slechts een deel van het externe-veiligheidsverhaal, daar de ongevalsconsequenties beperkt zijn tot een klein gebied rond de plaats van de *crash* en de tijdsperiode tussen twee ongevallen op een bepaalde plaats vele jaren bedraagt. Gegeven de trend om steeds zwaardere en grotere vliegtuigen voor passagiersvervoer in te zetten, zou de kans op een ongeval op een bepaalde locatie kunnen dalen, terwijl de gevolgen ernstiger worden; dergelijke trends laten zich niet goed beschrijven door het 'individueel risico'. De grootheden 'bevolkingsrisico' en 'maatschappelijke risico' bieden in dat geval aanvullend inzicht in het ongevalsrisico.

De kans op een ongeval in de nabijheid van een luchthaven als Schiphol of Heathrow bedraagt ruwweg één tot twee ongevallen per 10 miljoen vliegbewegingen (starts en landingen).⁷⁴⁾ De grote luchthavens kennen 300 duizend tot 1 miljoen vliegbewegingen per jaar (zie paragraaf 2.2). Dit betekent dat in grofweg gemiddeld rond grote luchthavens één tot twee vliegtuigongevallen per 10 jaar voorkomen.* RAND schatte op basis van de gegevens voor Schiphol over 1992 dat het verwachte aantal slachtoffers onder de bevolking gemiddeld vijf per tien jaar bedraagt. De gemiddelde tijd tussen vliegtuigongevallen met slachtoffers onder de algemene bevolking — grofweg één op de drie ongevallen — bedraagt naar schatting ongeveer dertig jaar. De kans op een jaar met ongevallen zonder slachtoffers onder de algemene bevolking is 98 op de 100.¹¹⁴⁾

Vliegtuigongevallen hebben met andersoortige ongevallen gemeen dat het gaat om individueel aanwijsbare slachtoffers. Dit in tegenstelling tot, bijvoorbeeld, blootstelling aan milieuverontreiniging in de vorm van toxische of radioactieve stoffen die leidt tot 'statistische' slachtoffers. Dit gegeven, in combinatie met de mogelijke ernstige gevolgen van een ongeval, maken dat externe-veiligheidsrisico's waaronder die verbonden aan vliegtuigongevallen meer gevreesd worden dan andere vormen van milieurisico's (zie^{95), 116)}). Deze perceptie van het ongevalsrisico kan het optreden van andere gezondheidseffecten van een luchthaven beïnvloeden (zie hoofdstuk 8 en 5).

6.3 Andere ongevalsrisico's en risicovergelijking

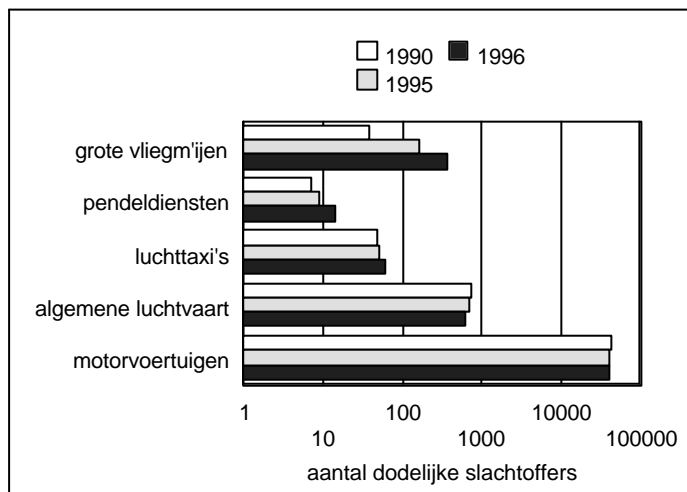
Statistische gegevens over andersoortige ongevallen dan vliegtuig*crashes* in een grootvliegveldsysteem zijn schaars. De commissie kan daarom over die risico's geen kwantitatieve informatie verschaffen. Branden op het vliegveld, ongevallen tijdens het bijtanken en terroristische aanslagen zijn in het verleden voorgekomen, zij het weinig frequent. De maatregelen om dergelijke risico's te beheersen of de gevolgen ervan in te perken, worden meestal gebaseerd op kwalitatieve afwegingen en sterk bepaald door

* Gezien de verschillen tussen luchthavens wat betreft de verdeling over de diverse vormen van luchttransport, het type vliegtuigen dat de luchthaven aandoet, de heersende weersomstandigheden, enz., is het niet mogelijk een preciezer getal te noemen.

economische overwegingen in samenhang met het vertrouwen van de bevolking in de luchtvaart. Dit geldt overigens ook voor maatregelen om het risico van vliegtuigongevallen in te perken.

Er is algemene informatie beschikbaar over ongevallen bij het wegverkeer. Die gegevens kunnen behulpzaam zijn bij het in perspectief plaatsen van gegevens over vliegtuigongevallen. Zo bedroeg in Nederland in de periode 1990-1997 het aantal vluchten ongeveer 4 miljoen ($3,8 \times 10^6$), exclusief de zogeheten terreinvluchten.⁴⁹⁾ Dezelfde periode kende vier vliegtuigongevallen met dodelijke afloop, waaronder één met een lijndienstvliegtuig.²⁰⁰⁾ * Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek overleden in 1990-1997 ongeveer tienduizend mensen door wegverkeersongevallen, voor de helft inzittenden van personenauto's. Amerikaanse gegevens over slachtoffers bij verschillende vormen van vervoer laten een overeenkomstig beeld zien: het totale aantal slachtoffers in het wegverkeer is ongeveer een factor 100 groter dan dat bij vliegtuigongevallen (zie figuur 13, ⁴¹⁾).

Het beeld wordt anders als het aantal slachtoffers wordt uitgedrukt per afgelegde voertuigkilometer. In de Verenigde Staten bedroeg in 1995 het aantal doden 1,2 per 100 miljoen vliegkilometer; het overeenkomende getal voor inzittenden van personenauto's is nagenoeg gelijk: ongeveer 1 per 100 miljoen autokilometer**.⁴¹⁾



Figuur 13 Aantal dodelijke slachtoffers per jaar voor verschillende vormen van luchtvervoer en voor het wegverkeer in de Verenigde Staten.⁴¹⁾

* 1992 - El Al Boeing bij Schiphol met 51 slachtoffers (4 inzittenden); 1994 - KLM Cityhopper Saab bij Schiphol met 3 slachtoffers (allen inzittenden); 1996 - DC3 Dakota bij Den Oever met 32 slachtoffers (allen inzittenden); 1996 - Hercules bij Eindhoven met 34 slachtoffers (allen inzittenden).

** In Nederland is het getal voor het autoverkeer iets kleiner: in de periode 1990-1997 0,7 per 100 miljoen kilometer.

Ook de bedrijvigheid binnen een groot-vliegveldsysteem buiten het luchthaventerrein, al dan niet direct samenhangend met de luchthavenactiviteiten, kan ongevallen met zich meebrengen. De risico's daarvan kunnen alleen in concrete gevallen worden geschat. De commissie meent dat beroepsrisico's binnen het systeem in het algemeen niet uit de pas lopen met die in andere bedrijfstakken, maar beschikt niet over harde gegevens om dit oordeel te bevestigen (zie ook paragraaf 7.4).

6.4 Beoordeling

Absoluut gezien dragen vliegtuigongevallen slechts in geringe mate bij aan de sterfte in de omgeving van een grote luchthaven. De cijfers voor verkeersongevallen rond vliegvelden verschillen naar verwachting niet aanzienlijk van die in andere gebieden met intensief wegverkeer. In Nederland komt ongeveer 1 procent van het aantal overlijdensgevallen per jaar voor rekening van het verkeer. Het aantal gewonden ligt een factor 100 hoger dan het aantal dodelijke slachtoffers. Gegevens over de gezondheidseffecten van andersoortige ongevallen in een groot-vliegveldsysteem laten zich niet in het algemeen kwantificeren. In termen van de in hoofdstuk 3 aangegeven classificatie vat de commissie samen: ongevallen komen voor (voldoende bewijs), de gezondheidseffecten zijn altijd ernstig en de hele bevolking in het groot-vliegveldsysteem loopt een risico, zij het dat slechts weinig mensen daadwerkelijk slachtoffer zijn.

Andere onderwerpen

7.1 Overzicht

In dit hoofdstuk bespreekt de commissie:

- P** bodem- en waterverontreiniging, in het bijzonder door het tegengaan van ijsvorming
- P** de verspreiding van infectieziekten door luchtvervoer
- P** beroepsmatige risico's op de luchthaven
- P** aanzicht van de omgeving.

Ten slotte gaat zij in op 'risicoperceptie'.

7.2 Bodem- en waterverontreiniging (tegengaan van ijsvorming)

Diverse activiteiten op de luchthaven en elders binnen een groot-vliegveldsysteem kunnen de bodem en het oppervlakte- en grondwater verontreinigen. Dat kan ecosystemen en hun functies aantasten; voorbeelden: oogstopbrengst, drinkwaterkwaliteit en betekenis voor de recreatie. Het verlies van deze functies beïnvloedt de gezondheid negatief, maar het is niet gemakkelijk om een oordeel te vellen over de omvang en ernst van dit effect. Gezien de mogelijke ernstige consequenties (inclusief de economische) van verlies van bodem-, oppervlaktewater-, en grondwaterecosystemen zijn in geïndustrialiseerde landen maatregelen genomen om die gevolgen, ook die op de lange termijn, te minimaliseren. Naar het oordeel van de commissie zijn de effecten op de gezondheid relatief gering indien die maatregelen daadwerkelijk van kracht zijn. Voorbeelden van

bronnen op de luchthaven die kunnen leiden tot water- en bodemverontreiniging, zijn lekkende ondergrondse opslagtanks en pijpleidingen, morsen en lekkage van brandstof tijdens de afhandeling van vliegtuigen, het wassen van vlieg- en andere voertuigen en brandweeroefeningen waarbij vlamvertragende stoffen worden gebruikt. ¹⁷⁸⁾

Een bron van verontreiniging die specifiek is voor luchthavens hangt samen met activiteiten om de vorming van ijs op vliegtuigdelen en start- en landingsbanen tegen te gaan (*de-icing* of *anti-icing*). Naast de veiligheid spelen hier economische overwegingen een rol: het vermijden van het moeten sluiten van luchthavens, van vertragingen en van het moeten laten vervallen van vluchten. Als 'antivries' worden vooral ethyleen- and propyleenglycol-mengsels gebruikt. ¹⁷⁸⁾ De hoeveelheden zijn aanzienlijk; het Canadese Ministerie van Milieu schatte het verbruik in de VS en Canada op 52 duizend kubieke meter per jaar. ⁷¹⁾ Op noordelijke luchthavens is het tegengaan van ijsvorming de belangrijkste bron van verontreiniging van oppervlaktewater in de omgeving van een luchthaven, tenzij adequate maatregelen zijn genomen om de gebruikte antivriesvloei-stoffen op te vangen.

Het milieueffect van deze activiteiten bestaat uit een vermindering van de zuurstof-niveaus in het oppervlaktewater. Vooral propyleenglycol veroorzaakt dit voor vissen en andere aquatische organismen schadelijke effect. ¹⁶⁷⁾ Voor mensen (luchthavenpersoneel) is ethyleenglycol toxischer dan propyleenglycol; bij relatieve lage blootstelling via de lucht kunnen hoofdpijn en irritatie van de ogen en de bovenste luchtwegen optreden. Ingestie van ethyleenglycol kan leiden tot nierschade. ²⁵¹⁾ Uit onderzoek bij de luchthaven van Montreal bleek dat luchthavenpersoneel ethyleenglycol binnen kreeg. Bij de betrokken personen kon geen blijvende nierschade door deze blootstelling worden aangetoond. ⁸⁷⁾

Antivriesvloei-stoffen blijken ook toxische effecten te hebben die niet zijn toe te schrijven aan glycolen maar vermoedelijk aan additieven. ^{81), 112), 195)} Antivries bestaat voor 10% tot 20% uit additieven, zoals *wetting agents*, anti-roestmiddelen, oppervlakte-spanningverlagers, kleurstoffen en verdikkingsmiddelen. ¹⁶⁷⁾ Volgens Cancilla en medewerkers bepalen benzotriazol en tolyltriazolverbindingen, die op grote schaal worden gebruikt als anti-roestmiddelen in antivries- en koelvloeistoffen (bijvoorbeeld antivries voor auto's), de toxische effecten die in bacterietesten zijn waargenomen. ⁴⁶⁾ Uit ander onderzoek met tolyltriazol-verbindingen bleek dat deze stoffen ook matig tot zeer ecotoxisch zijn. ^{47), 211)} Onlangs is in grondwatermonsters van een groot Noord-Amerikaans vliegveld tolyltriazol aangetoond in concentraties waarbij ecotoxicologische effecten te verwachten zijn. ⁴⁷⁾ Effecten van tolyltriazol bij mensen zijn in de literatuur niet beschreven; benzotriazol kan hartaandoeningen veroorzaken. ⁶⁹⁾

Dit korte overzicht van de toepassing van anti-vriesverbindingen ondersteunt de algemene conclusie van de commissie dat in de eerste plaats bodem- en waterecosystemen worden aangetast door verontreiniging die samenhangt met het luchthavenbedrijf.

In de praktijk is aantasting van de gezondheid van mensen door inademing of ingestie onwaarschijnlijk.

7.3 Import van infectieziekten door luchtverkeer

Het wereldwijde luchtverkeer vergroot de kans op het overbrengen van infectieziekten van het ene land naar het andere. ²⁰⁶⁾ Een recent Noors rapport maakt melding van de import van enkele gevallen van ernstige infectieziekten, o.a. malaria, shigellosis en tyfus. ¹⁾ Reizigers en hun familieleden lopen een infectierisico, maar de kans dat mensen die in de omgeving van de luchthaven wonen door hen worden geïnfecteerd is te verwaarlozen. Wel kunnen zij worden geïnfecteerd door via het luchtverkeer geïmporteerde vectoren (zogenoemde secundaire besmetting), maar het is onwaarschijnlijk dat daardoor epidemieën zullen uitbreken. ¹⁾

Secundaire besmetting is alleen voor malaria gerapporteerd. Men spreekt van 'vliegveld-malaria' als het gaat om de import van muggen die zijn besmet met *Plasmodium falciparum*. Risico lopen luchthaven- en vliegendpersoneel, mensen in de omgeving van de luchthaven en mensen verder weg als de vectoren met bagage verder worden vervoerd. In de afgelopen 30 jaar zijn in West-Europa 63 gevallen van vliegveld-malaria geregistreerd. ^{88), 101)}

In sommige landen is behandeling (disinsectie*) van het vliegtuig met insecticiden, verplicht. Als de weerstand van insecten tegen deze stoffen toeneemt zou de effectiviteit van zulke behandelingen weleens kunnen verminderen. Dat kan weer gevolgen hebben voor het wereldwijd voorkomen van malaria en het risico van transport van besmette vectoren vergroten.

Gegeven het kleine aantal gevallen lijken drastische maatregelen op dit ogenblik niet aangewezen. De commissie raadt luchthavenautoriteiten en luchtvaartmaatschappijen echter aan om de vinger aan de pols te houden teneinde verslechtering van de situatie te voorkomen.

7.4 Beroepsrisico op de luchthaven

Het luchthavenbedrijf is arbeidsintensief. Ook werken veel mensen in bedrijven die zijn gevestigd in de omgeving van een luchthaven. Hun werkzaamheden, net als die van anderen, gaan gepaard met voor- en nadelen voor de gezondheid. De gezondheidsvoorwaarden zullen vooral indirect zijn en samenhangen met inkomen en sociale status. De

* Behandeling van het vliegtuig met bestrijdingsmiddelen om insecten te doden. Verscheidene bestrijdingsmiddelen zijn in de VS toegelaten voor gebruik in lege vliegtuigcabines en laadruimten. De actieve bestanddelen omvatten organofosfaten, carbamaten, pyrethrinverbindingen en synthetische pyrethroidverbindingen. Sommige van die stoffen laten residuen achter met langdurige werkzaamheid. ²⁰³⁾

risico's zijn directer van aard en het gevolg van blootstelling aan fysische omgevingsfactoren, ergonomische omstandigheden en psychologische en organisatorische factoren. Geïndustrialiseerde landen kennen in het algemeen regelgeving op het terrein van arbeidsomstandigheden, waardoor gezondheidsrisico's binnen aanvaardbare perken worden gehouden, hoewel er ruimte blijft voor verbetering.

In het algemeen heeft het werk in de omgeving van een luchthaven geen kenmerken die specifiek zijn voor een groot-vliegveldsysteem. Dit kan anders liggen voor het werk op de luchthaven en voor het in bedrijf houden van vliegtuigen. Bij grondpersoneel blijken aandoeningen van het bewegingsapparaat meer voor te komen dan in het algemeen zou worden verwacht.⁸⁶⁾ Enkele artikelen bevatten gegevens over sterfte onder vliegend personeel, in het bijzonder onder piloten.²⁷⁾ Sterfte door ongevallen komt vaker voor onder piloten dan in een doorsnee van de beroepsbevolking, maar andere doodsoorzaken waren niet zeer verschillend van hetgeen in het algemeen kan worden verwacht.²²⁾ Enkele onderzoekers maken melding van een verhoogd risico van borstkanker onder stewardessen.¹⁹⁸⁾ Kosmische straling is geopperd als mogelijke risicofactor, maar dat lijkt niet waarschijnlijk gegeven de hoogte van de betrokken stralingsdoses; het lijkt verstandig nader te kijken naar de selectiefactoren voor cabinepersoneel.

Beroepen op de luchthavens en in de 'lucht' kunnen als volgt worden gegroepeerd:

- P** vliegtuigbemanning (piloten en cabinepersoneel - de grootste groep)
- P** grondpersoneel (vliegtuigafhandeling, -onderhoud en -reparatie)
- P** personeel betrokken bij bevoorrading en reiniging van vliegtuigen, bagage- en vrachtafhandeling
- P** personeel betrokken bij passagiersdiensten (zoals verkoop tickets, inchecken, autoverhuur)
- P** luchtverkeersleiders
- P** brandweer en EHBO
- P** beveiligingspersoneel (waaronder politie en douane)
- P** hotel-, winkel-, en restaurantpersoneel
- P** administratief personeel.

Niet in al deze beroepen loopt het personeel bijzondere risico's. Zo zullen de gezondheidsaspecten van administratief werk niet verschillen van die van administratief werk in een kantoor elders.

De commissie bespreekt hieronder kort gegevens over geluid, trillingen, stoffen, vermoeidheid, *job-stress* en ergonomische factoren. De literatuur vermeldt nauwelijks getallen over blootstellingsniveaus.

Geluid en trillingen

Luchthaven- en luchtvaartactiviteiten zijn nogal lawaaiig. Op de grond maken de meest aan geluid blootgestelde personen deel uit van het grond- en onderhoudspersoneel, in het bijzonder de mensen die betrokken zijn bij het testen van motoren. Gehoorbeschadiging, te verwachten bij blootstelling aan equivalente geluidniveaus groter dan 75 dB(A) gedurende de werkdag (zie bijlage H), is onder deze werknemers aangetoond. Gehoorbeschermingsprogramma's kunnen een effectief middel zijn om dit risico te vermijden of aanzienlijk in te perken.^{118), 218)} Vliegtuigbemanning heeft ook kans op gehoorbeschadiging door geluid in het bijzonder bij werk in oudere, lawaaiige vliegtuigen.²⁴⁾ Werk in moderne straalvliegtuigen in de burgerluchtvaart zal naar verwachting geen wezenlijk risico voor gehoorbeschadiging door geluid met zich meebrengen, indien men bedenkt dat bemanning zich ten hoogste gedurende de helft van hun werktijd in de lucht bevindt.

Afgezien van mogelijke effecten van de gezondheid op de lange termijn kan geluidshinder het functioneren van het vliegend personeel negatief beïnvloeden en op die manier haaks staan op het nagestreefde kwaliteits- en veiligheidsniveau.

Interferentie met gesprekken zal optreden bij in passagiersvliegtuigen gebruikelijke geluidniveaus. Dit effect is uitgebreid bestudeerd binnen de luchtmacht, in het bijzonder waar het de communicatie tussen de luchtverkeersleiding en de piloten betreft (zie¹⁶⁵⁾). Elektronische spraakversterking om de communicatie te verbeteren zou weleens contraproductief kunnen zijn, omdat dan geluidniveaus de drempelwaarden voor gehoorbeschadiging te boven kunnen gaan. In de vliegtuigcabine kunnen de geluidniveaus de communicatie tussen de bemanning en de passagiers bemoeilijken en bijdragen tot ontevredenheid onder de reizigers en zo tot werkstress bij stewards en stewardessen leiden. De mogelijkheid dat blootstelling aan geluid hypertensie veroorzaakt en zo de gevoeligheid voor cardiovasculaire ziekten verhoogt, is ook bestudeerd. Volgens een recent Italiaans onderzoek zouden piloten een verhoogd risico hebben voor cardiovasculaire ziekten.²⁴⁰⁾

Vliegend personeel staat ook bloot aan trillingen veroorzaakt door de vliegtuigmotoren. In de burgerluchtvaart lijkt dit geen arbeidshygiënisch probleem, omdat de enige literatuur over dit onderwerp gaat over helicopterpiloten.¹⁴⁹⁾ *

* Onlangs heeft een Portugese onderzoeksgroep een serie artikelen gepubliceerd over de zogeheten 'vibro-acoustische' ziekte onder onderhouds- en reparatiepersoneel van militaire vliegtuigen, ten gevolge van blootstelling aan intens, laagfrequent geluid.⁴⁸⁾

Toxische stoffen

Platform-, reparatie- en onderhoudspersoneel staan bloot aan toxische stoffen. Op het platform gaat het daarbij vooral om verdampte brandstof en uitlaatgassen van vliegtuigen, grondvoertuigen en ander materieel. De concentraties in de buitenlucht zijn hoger dan normaal maar blijven voor afzonderlijke verbindingen in het algemeen onder grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling. Gezien de hoeveelheid vloeistof die wordt verbrand, zijn uitlaatgassen van vliegtuigen de voornaamste bron van luchtverontreiniging op het platform, de vliegtuigopstelplaats en start- en landingsbanen. Omdat vliegvelden open terrein zijn zal de verontreiniging zich verspreiden; de mate waarin is afhankelijk van de heersende weerscondities.

Bij onderhoud en reparatie van vliegtuigen worden verscheidene oplosmiddelen, verven, harsen, vulmiddelen en metaalverbindingen gebruikt. In epidemiologisch onderzoek in de vliegtuigbouw zijn geen gezondheidseffecten van oplosmiddelen aangetoond, met uitzondering van effecten op de huid.^{219), 221), 229), 253)} Met doeltreffende arbeidshygiënische maatregelen lijkt het mogelijk om de risico's die met deze en andere vormen van blootstelling aan stoffen (bijvoorbeeld aan metalen) samenhangen tot aanvaardde niveaus terug te brengen. Op noordelijke vliegvelden staat platformpersoneel bloot aan antivriesverbindingen (zie paragraaf 7.2).

Vermoeidheid en werkstress

Verschillende beroepen in de luchtvaart stellen hoge psychologische eisen in verband met veiligheid, onregelmatige werktijden of het moeten omgaan met veeleisende klanten. In het bijzonder onder luchtverkeersleiders is onderzoek gedaan naar oplettendheid en vermoeidheid. Factoren die het prestatievermogen negatief blijken te beïnvloeden zijn ploegendienst en — voor vliegend personeel — tijdverschillen op lange vluchten.^{44), 157), 209)} Bij het personeel in kwestie kunnen zij leiden tot werkstress. Het aanpassen van werktijden en het bevorderen van goede slaapgewoonten kan dit tegengaan, maar het is in het algemeen niet gemakkelijk om werkstress te beïnvloeden en te verminderen, omdat veel factoren die samenhangen met iemands persoonlijkheid en privéleven ook een rol spelen.⁵⁹⁾

Het viel de commissie op dat literatuuronderzoek weinig informatie opleverde over werkstress onder personeel dat betrokken was bij het afhandelen van vliegtuigpassagiers (check-in, kaartverkoop e.d.). Er is ruimschoots anekdotische informatie voorhanden over agressief gedrag van veeleisende klanten (niet alleen in de luchtvaart, maar ook in andere vormen van openbaar vervoer).

Ergonomische factoren

Aandoeningen van het bewegingsapparaat, in het bijzonder lage-rugpijn, blijken vaker voor te komen onder grondpersoneel op luchthavens dan in het algemeen.⁸⁶⁾ Het gaat in het bijzonder om personeel dat vracht en bagage afhandelt. Meer automatisering zou de situatie kunnen verbeteren, vermoedelijk vooral in termen van het aantal gevallen (het werk wordt door meer mensen gedaan), dan in termen van de ernst van de individuele schade.

Uit dit korte overzicht leidt de commissie af dat bij grote luchthavens en in de luchtvaart enkele beroepen met specifieke risico's voorkomen. Uit de bestudeerde literatuur blijkt echter niet dat de gezondheidsproblemen die samenhangen met het beroep, hier groter zijn dan in overeenkomstige bedrijfstakken. Vooral om redenen van kwaliteit en veiligheid binnen de luchtvaartindustrie geïntroduceerde kwaliteitssystemen zullen ook een positieve invloed hebben op het beroepsrisico. De commissie concludeert dat de bedrijvigheid binnen een groot-vliegveldsysteem beroepsmatige risico's met zich meebrengt, maar niet in buitensporige mate.

7.5 Aanzicht van de omgeving

Het aanzicht van de omgeving bepaalt in sterke mate het oordeel van mensen over de kwaliteit van hun leefomgeving. Zo is het aanzicht een belangrijke factor bij de keuze van een woning, voor zover mensen iets te kiezen hebben. Het uitzicht vanuit de woning blijkt bepalend te zijn voor de tevredenheid met de woonomgeving.^{60), 132)} Veel mensen zoeken voor kortere of langere tijd ontspanning in parken, natuurgebieden, stranden, oude steden en dorpen en andere vormen van natuur of bebouwde omgeving, ook vanwege het plezierige aanzicht.

Uit onderzoek blijkt dat volwassenen in Europa en Noord-Amerika de voorkeur geven aan landschappen met natuurlijke kenmerken zoals veel bomen en water.^{107), 133)} De mate waarin gebouwen en wegen zijn ingepast in het landschap, bepaalt de waardering voor het landschap.^{237), 254), 272), 273)} Elementen die uit de toon vallen, doen die waardering verminderen.

Het aanzicht van de omgeving, en in het bijzonder het natuurlijke karakter ervan, is niet alleen om esthetische redenen van belang. In veld- en laboratoriumonderzoek is de invloed van niet-bijzonder spectaculaire, natuurlijke omgevingen vergeleken met die van doorsnee stedelijke gebieden op emoties, fysiologische parameters en concentratievermogen. Bij dit onderzoek ging het vooral om het verkrijgen van inzicht in de wijze waarop een natuurlijke omgeving stress vermindert en psychologisch herstel bevordert.

Zowel in veld-^{108), 109)} als in laboratoriumonderzoek waarbij dia's en video's werden gebruik om landschappen te vergelijken^{111), 248)}, bleek de natuurlijke van het landschap een rol te spelen in het herstel van de gemoedstoestand nadat de proefpersonen op gestandaardiseerde manier onder druk waren gezet. Effecten in dezelfde richting zijn waargenomen op fysiologische parameters, zoals systolische bloeddruk (laboratorium- en veldonderzoek)¹⁰⁸⁾. De gunstige invloed van een natuurlijke omgeving op het concentratievermogen bleek ook uit onderzoek met standaardtechnieken om prestaties te meten.¹¹⁰⁾ Deze bevindingen zijn van belang in het licht van de hoge eisen die aan het concentratievermogen worden gesteld in veel huidige beroepen en in het stadsleven van alledag. Positieve effecten van een natuurlijk aanzicht van de omgeving zijn ook gevonden bij patiënten die herstelden van een medische ingreep. Het zien van natuurlijke taferelen bleek stress- en pijnverminderend te zijn.^{247), 250)}

De mechanismen die aan deze bevindingen ten grondslag liggen, zijn nog niet opgehelderd. De voorkeur voor bepaalde landschapsvormen is mogelijk evolutionair bepaald. Het gaat dan om een biologisch verankerde, positieve reactie op bepaalde landschapsvormen die van belang was om in de prehistorie te overleven.^{13), 133), 186), 246), 249)} Anderen hebben sociaal-culturele factoren als verklaring aangevoerd (zie de overzichtsartikelen^{25), 109), 141)}). Mogelijk spelen zowel evolutionaire als culturele factoren een rol naast individuele leerprocessen (voor een geïntegreerde benadering zie^{13), 33), 34), 107), 133)}).

Twee onderzoekscholen hebben getracht ook expliciet hersteleffecten van het aanzicht van de omgeving in rekening te brengen. In beide gevallen startte de theorievorming vanuit de evolutie; de ene theorie gaat uit van herstel van psychologische en fysiologische stress^{246), 248)}, terwijl de andere de aandacht vestigt op herstel van het vermogen zich op iets te kunnen concentreren.¹³³⁾ Hartig en collega's bestudeerden de mate van herstel van het concentratievermogen en van psychologische en fysiologische parameters. Zij veronderstellen dat het herstel van concentratievermogen en van psycho-fysiologische stress gelijktijdig plaatsvindt, maar dat herstel van het concentratievermogen de meeste tijd vergt.^{108), 110), 111)}

In het kader van het huidige rapport zijn deze bevindingen vooral van belang voor de ruimtelijke ordening van het gebied van een groot-vliegveldsysteem. Eerder werd al melding gemaakt van de algemene tendens dat het gebied rond een grote luchthaven verstedelijkt.¹³⁵⁾ Als daardoor natuur verdwijnt of het natuurlijk karakter van het landschap wordt aangetast, dan vermindert dat de mogelijkheden tot psychologisch en fysiologisch herstel van de bevolking. Een verhoogde druk tot aanpassing aan de veranderende omgeving loopt dan parallel met een vermindering in herstel mogelijkheden. In de loop van de tijd kan dit negatief uitwerken op de gezondheid. Is het mogelijk om de ontwikkelingen rond de luchthaven zo te sturen dat veranderingen in het landschap de gezondheid niet negatief beïnvloeden, bijvoorbeeld door het introduceren of behouden

van natuurlijke ('groene') elementen? Laboratoriumonderzoek en het hierboven aangehaalde veldonderzoek kan geen definitief antwoord geven op dit soort vragen. Wel is evident dat dergelijke maatregelen passen bij de overwegingen van mensen om een woonlocatie te kiezen en bij aandacht die veel mensen aan hun tuin besteden.

Kan een positieve invloed van het aanzicht van de omgeving teniet worden gedaan door de aanwezigheid van andere stressoren, zoals geluid? In de VS is onderzoek verricht naar de invloed van vliegtuiggeluid (vooral van *sight-seeing*-vliegtuigjes) op de waardering van het vertoeven in natuurgebieden. Het vliegtuiggeluid wordt negatief gewaardeerd, maar de onderzoekresultaten maken niet duidelijk of dat komt door interferentie met het genieten van de natuur.⁹⁸⁾

7.6 Perceptie van gezondheidsrisico

Bij het beoordelen van gezondheidsrisico's blijken mensen en organisaties risicokenmerken te selecteren, te waarderen en af te wegen tegen de voordelen die zouden kunnen worden verkregen door het risico te nemen.²⁰²⁾ Risicoperceptie is de afgelopen 20 jaar voorwerp van onderzoek geweest (zie de recente overzichtsartikelen van Fischhoff *et al.*⁸²⁾ en van Renn²⁰²⁾). Over de betekenis van de onderzoeksresultaten bestaat nog steeds discussie (zie een recent artikel van Sjöberg²¹⁷⁾). Veel van het risicoperceptie-onderzoek had betrekking op grote ongevallen in het bijzonder in de chemische en de nucleaire industrie of werd uitgevoerd in een laboratoriumomgeving met studenten als proefpersonen.

Het beeld dat uit onderzoek oprijst, is dat mensen (deskundigen, besluitvormers en 'leken') verscheidene risicokenmerken in rekening brengen bij het beoordelen van risico's en het beslissen om activiteiten te ondernemen die het risico veroorzaken. Het resulterende oordeel hangt af van de beschikbare kennis (verschil tussen deskundige en leek), de sociale omgeving (bijvoorbeeld het verschil tussen wetenschappers in de industrie en aan de universiteit¹⁴⁴⁾) en een verscheidenheid aan risicokenmerken. Tabel 12 geeft een lijst van zulke kenmerken en hun invloed op risico-aanvaarding. Overeenkomstige en meer uitgebreide overzichten zijn opgesteld door Vlek^{256),257)} en door Sjöberg en Drottz-Sjöberg.²¹⁶⁾

Tabel 12 Kwalitatieve risicokenmerken die van invloed zijn op risicoperceptie.²⁰²⁾

kenmerk	richting van de invloed
persoonlijke invloed	vergroot risico-aanvaarding
invloed van instituties	hangt af van het vertrouwen in de institutie
vrijwilligheid	vergroot risico-aanvaarding
bekendheid	vergroot risico-aanvaarding
vreesaanjagendheid	vermindert risico-aanvaarding
ongelijke verdeling van risico's en voordelen	hangt af van het nut voor het individu, sterke sociale drijfveer om risico's te verwerpen
kunstmaticgheid van de risicobron	versterkt de aandacht voor het risico, vermindert vaak risico-aanvaarding
verwijtbaarheid	vergroot het zoeken naar sociale en politieke antwoorden

Het is onjuist om te veronderstellen dat mensen een lijst van factoren afstrepen om tot een oordeel over een bepaald risico te komen. Zij handelen veel meer intuïtief. Psychometrisch onderzoek, in het bijzonder dat van de groep van Slovic, wijst uit dat mensen risico's indelen volgens twee samengestelde dimensies: *Nieuwheid* — risico's worden als ernstig beoordeeld als zij onbekend zijn, onvrijwillig zijn en uitgestelde effecten hebben, en *vreesaanjagendheid* — risico's worden als ernstig beoordeeld als ze de dood tot gevolg hebben en betrekking hebben op veel mensen.⁸²⁾ Voorbeelden van risico's met een hoog nieuwheid-gehalte zijn kleurstoffen in voeding en spuitbussen, terwijl bergbeklimmen laag scoort op deze dimensie. Kernenergie en commerciële luchtvaart scoren hoog op de dimensie van vreesaanjagendheid in tegenstelling tot motormaaiers en skiën die laag scoren. Renn gebruikte deze bevindingen om vier karakteristieke risicocategorieën ('semantische beelden') te onderscheiden (zie tabel 13). Sjöberg, die ook risico's van alledag onderzocht, stelde voor om beslissingen over het nemen van risico's te interpreteren volgens een eenvoudig schema: mensen beslissen om het risico al dan niet te nemen door de kans te beoordelen (de kans op een auto-ongeluk wordt klein verondersteld en daarom verwaarloosd), terwijl bij het eisen (of nemen) van maatregelen om het risico te verminderen de gevolgen overheersen (verkeerslichten bij een voetgangersoversteekplaats nabij een lagere school). Zijn opvatting hoeft niet in tegenspraak te zijn met bevindingen uit eerder onderzoek, omdat het oordeel over een te verwaarlozen kans beïnvloed kan worden door, bijvoorbeeld, de mate van nieuwheid. Verder zullen risico's die hoog scoren op de dimensie vreesaanjagendheid en dus op de ernst van de gevolgen, veelal liggen buiten de invloedssfeer van de meeste mensen zodat men er maatregelen tegen eist.

Tabel 13 De vier semantische beelden van risico in de perceptie van de bevolking. ²⁰²⁾ Zie ook bijlage I.

semantisch beeld	kenmerken
dreigend gevaar (zwaard van Damocles)	kunstmatige risicobron mogelijk grote gevolgen ongelijke verdeling van risico's en baten dreiging wordt als willekeurig gepercipiëerd
langzame <i>killers</i> (doos van Pandora)	bestanddeel (toevoeging) van voedsel, water of lucht uitgestelde effecten; niet catastrofaal afhankelijk van informatie, meer dan van ervaring vraag naar deterministische risicobeheersing sterke drijfveer voor verwijtbaarheid
kosten-batenverhouding (schaal van Athena)	beperkt tot financiële winst of verlies gericht op de onzekerheid en de verdeling van de uitkomsten, meer dan op de verwachte waarde ongelijkheid tussen risico's en winst probabilistische denkwijze overheerst
uitdaging (beeld van Hercules)	persoonlijke invloed op de omvang van het risico persoonlijke vaardigheid is nodig om het gevaar te keren vrijwillige activiteit niet-catastrofale gevolgen

Risicoperceptie rond grote luchthavens is nauwelijks onderzocht. Als onderdeel van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol is een vragenlijstonderzoek naar hinder, slaapverstoring en (zelfbeoordeelde) gezondheid uitgevoerd, waarin ook vragen over risicoperceptie zijn gesteld. ²³⁹⁾ In het gebied rond Schiphol maakt 10% tot 20% van de mensen zich zorgen over vliegtuigongevallen. Het oordeel over het risico hangt samen met het niveau van het vliegtuiggeluid, hoewel dit effect geringer lijkt te worden bij de hoogste geluidsniveaus (buiten). Verder blijken omwonenden zich meer zorgen te maken over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging dan over die van vliegtuiglawaai (40% tegen 20%). In Brits onderzoek is naar risico-oordelen van de bevolking rond vliegvelden gevraagd om gegevens te verkrijgen voor het vaststellen van externe-veiligheidszones. ⁷⁴⁾ Slechts enkele en achten individuele risico's veroorzaakt door vliegtuigongevallen van ongeveer één op de tienduizend per jaar te gering om je druk over te maken; een aanzienlijke deel van de geïnterviewden meende dat een financiële tegemoetkoming in plaats van verhuizing aanvaardbaar was. Volgens een aanzienlijk aantal mensen vereiste een individueel-risiconiveau van 1 op de miljoen financiële compensatie. Verder kwam naar voren dat er slechts een geringe voorkeur is om

middelen te spenderen aan het vermijden van een groot ongeval, boven het uitgeven van geld voor het tegengaan van verscheidene kleinere. Goldstein en collega's hebben voorgesteld om veranderingen in leefstijl, bijvoorbeeld het inrichten van de kinderkamer in de kelder in plaats van op zolder, te gebruiken als een hulpmiddel bij risicocommunicatie.⁹⁷⁾ Zo'n benadering zou ook bij risicovergelijking kunnen worden gebruikt, maar is nooit bij luchthavens toegepast.

Aan de hand van de in tabel 12 genoemde factoren kan mogelijk inzicht worden verkregen in de risicoperceptie van omwonenden van grote luchthavens. De risico's onttrekken zich aan de zeggenschap van de omwonenden*, zijn onvrijwillig en door mensen gecreëerd. Wel zijn diverse instanties verantwoordelijk voor het beheersen van het risico (*institutional control*), maar het vertrouwen in die instanties zal sterk uiteenlopen, zowel van persoon tot persoon en van instantie tot instantie als in de loop van de tijd. Dit hangt onder meer samen met het verloop van besluitvormingsprocessen, de communicatie-strategie van de luchthavenautoriteit en van onvoorziene gebeurtenissen, zoals vliegtuigongevallen. De situatie rond Schiphol biedt daarvan vele voorbeelden. Alle risicofactoren en de effecten die ze kunnen bewerkstelligen — misschien met uitzondering van sommige effecten die samenhangen met luchtverontreiniging — zijn bekend. Voor het ongevalsrisico blijkt 'vrees' inderdaad van belang, maar volgens Brits onderzoek zou de omvang van het ongeval minder sterk spelen. De betekenis van 'ongelijke verdeling van lusten en lasten' en 'verwijtbaarheid' zijn lastiger aan te geven. Een aanzienlijk deel van de plaatselijke bevolking is economisch afhankelijk van de bedrijvigheid in het groot-vliegveldsysteem en is dus geconfronteerd met beide zijden van de luchtvaartmedaille. Ook komt in de geïndustrialiseerde wereld luchtvervoer steeds meer binnen bereik van alle sociale klassen, in het bijzonder voor het reizen naar vakantiebestemmingen. Hoewel de commissie haar oordeel niet kan stoeien op empirisch materiaal, meent zij dat een 'ongelijke verdeling van baten en risico's' in het geval van luchthavens de risicoperceptie van de bevolking niet sterk beïnvloedt. 'Verwijtbaarheid' speelt wel een rol, vooral in samenhang met de besluitvorming over uitbreidingsplannen, zoals blijkt bij Schiphol en bij Heathrow. Normen waaraan het luchthavenbedrijf zich dient te houden, worden gemakkelijk overschreden en die overschrijding wordt uit economische overwegingen getolereerd. Burgers zijn dan geneigd de vergunningverlenende overheid over het gebrek aan doortastend optreden verwijten te maken.** Het blijkt dat het nalopen van de factoren van tabel 12 niet leidt tot een eenduidige conclusie over de mate van risico-aanvaarding, omdat diverse kenmerken in tegengestelde richting wijzen.

* Alternerend baangebruik zou enige invloed overdragen aan omwonenden (zie gegevens over Heathrow in bijlage C).

** Uit de 'case studies' bij München en Berlijn (bijlage C) blijkt dat luchthavens al anticiperend toestemming vragen om het vliegveld te mogen uitbreiden met het oog op ontwikkelingen die pas na een aantal jaren worden verwacht. Op die manier worden later langdurige goedkeuringsprocedures en mogelijke 'verwijten' vermeden'.

Ook de semantische beelden van tabel 13 leveren nauwelijks meer inzicht. Als het ongevalsrisico bij mensen voorop zou staan, zou 'dreigend gevaar' het meest toepasselijke beeld zijn. Maar de risico's verbonden aan luchtverontreiniging passen eerder bij het beeld 'langzame killers'. Uit de *case studies* (bijlage C) komt luchtverontreiniging niet naar voren als sterk spelend onder de lokale bevolking. Dit is begrijpelijk als mensen luchtverontreiniging in verband brengen met autoverkeer en niet met vliegverkeer. Maar onderzoek rond Schiphol leverde sterke aanwijzingen op dat de bevolking zich ernstige zorgen maakt over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging veroorzaakt door vliegtuigen.

Uit de schaarse resultaten van onderzoek naar risicoperceptie bij grote luchthavens concludeert de commissie dat geluid en geur mensen steeds weer bewust maakt van het luchthavenbedrijf. Voor bepaalde groepen, mogelijk de mensen die gevoelig zijn voor geluid, vergroot blootstelling aan vliegtuiggeluid de angst voor vliegtuigongevallen (en omgekeerd), en vermindert mogelijk de risicotolerantie, hoewel de kansen om slachtoffer te worden van een vliegtuigongeval zeer gering is voor omwonenden van een grote luchthaven (hoofdstuk 6).^{*} In het algemeen zal de risicoperceptie van mensen die rond grote luchthavens wonen, uiteenlopen. Maar behalve over het ongevalsrisico bevat het beschikbare materiaal geen aanwijzing dat er sprake is van ernstige misconcepties over de invloed van het luchthavenbedrijf op de gezondheid. Van de bevolking rond Schiphol beoordeelt naar schatting 80 procent de eigen gezondheidstoestand als goed en 20 procent als slecht, cijfers die goed sporen met gegevens voor Nederland als geheel. Het oordeel over de gezondheid staat in verband met de (berekende) blootstelling aan geluid, dat wil zeggen naarmate het geluidniveau hoger is, beoordelen mensen hun eigen gezondheid als minder goed. Dit spoort met de gegevens die in hoofdstuk 5 zijn besproken.

* Het rond Schiphol berekende externe-veiligheidsrisico overschrijdt op bepaalde locaties de norm die in Nederland geldt voor woongebieden rond industriële installaties.^{35), 114)}

Gezondheid en grote luchthavens

8.1 Ontbreken van een integrale beoordeling

De commissie introduceerde in hoofdstuk 2 het ‘groot-vliegveldsysteem’ als kader voor het bespreken van de invloed van grote luchthavens op de gezondheid. Vervolgens heeft zij een kritisch overzicht gegeven van de blootstelling aan de voornaamste milieufactoren in dat systeem en van de kennis over de effecten van die factoren op de gezondheid. Die factoren zijn: luchtverontreiniging, lawaai en ongevalsrisico. De blootstelling heeft voor de mensen die wonen bij of werken op of bij een grote luchthaven onvermijdelijk een cumulatief karakter. Niet alleen is er sprake van blootstelling aan een verscheidenheid van factoren, daarnaast is ze cumulatief. In een gebied van een paar honderd vierkante kilometer rond een luchthaven is die blootstelling onontkoombaar bij de bezigheden van alledag — winkelen, schoolgaan, van en naar het werk gaan, werken op de luchthaven of bij een plaatselijk bedrijf, recreatie in de nabije omgeving en sportbeoefening. Tevens is er sprake van een aanhoudende blootstelling: de geschiedenis leert dat grote vliegvelden niet na een paar jaar hun poorten sluiten, maar ten minste enkele tientallen jaren achtereen in bedrijf blijven. Dat betekent dat het voor mensen niet eenvoudig is om aan de invloed van een groot-vliegveldsysteem te ontsnappen, tenzij ze naar elders vertrekken.

Is de invloed van die cumulatieve blootstelling in een groot-vliegveldsysteem de som van de effecten van de afzonderlijke factoren, of is er sprake van een onderlinge versterking (of verzwakking)? Die vraag valt in principe empirisch te beantwoorden via epidemiologisch onderzoek en een gezondheidsrisico beoordeling. De meeste

onderzoeken rond luchthavens richtten zich echter op het verband tussen een enkele factor, zoals geluid, en een bepaald effect, zoals leermoeilijkheden. Dergelijk onderzoek heeft belangrijke stukjes opgeleverd voor de gezondheidspuzzel van vliegveldsystemen. Maar de commissie constateert dat in de wetenschappelijke literatuur vrijwel niets te vinden is over de gevolgen van het samenlopen van blootstelling aan een verscheidenheid van omgevingsfactoren. Dergelijke onderzoek is een noodzakelijke voorwaarde om een goed onderbouwd antwoord te kunnen geven op de centrale vraag van het voorliggende advies.

Het RIVM verschaftte de commissie informatie over de resultaten van de lopende Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) die door genoemd instituut wordt gecoördineerd.⁸⁴⁾ Het onderzoekprogramma komt overeen met het soort onderzoek dat de commissie voor ogen staat.* Met spijt constateert ze dat dit soort onderzoek eerder uitzondering is dan regel. Als onderdeel van een milieu-effectrapport wordt vaak wel een beperkte beoordeling opgesteld van de invloed van bepaalde milieufactoren op de gezondheid; zie ook het verslag van de *case studies* in bijlage C. In het kader van de *inquiry*** in verband met de aanleg van *Terminal 5* op Heathrow is onderzoek verricht naar de invloed van geluid, luchtverontreiniging en ongevalsrisico op de gezondheid (zie bijlage C).

Het voorgaande betekent dat de adviesaanvraag niet kan worden beantwoord met behulp van resultaten van dergelijk geïntegreerd onderzoek. De commissie beveelt aan dat zulk onderzoek als vanzelfsprekend bij elk groot vliegveld wordt uitgevoerd. Het zou moeten worden gevolgd door een samenhangend, efficiënt programma van metingen (*monitoring*) om tijdig verbeteringen en ongunstige ontwikkelingen op het spoor te komen. Zo'n onderzoeks- en meetprogramma vereist internationale samenwerking, maar nieuwe structuren zijn daarvoor niet nodig, daar internationale samenwerking op andere terreinen reeds een feit is.

8.2 Beïnvloeden grote luchthavens de gezondheid?

‘Beïnvloeden grote luchthavens de gezondheid?’ De commissie beantwoordt deze vraag met: ja. In het voorafgaande gaf de commissie een overzicht van de kennis over de invloed van afzonderlijke milieufactoren op de gezondheid. Verder volgt uit de algemene beschouwing over het verband tussen milieu en gezondheid in hoofdstuk 3 (figuur 3, figuur 4) dat een aantasting van de kwaliteit van leven die door het gros van de blootgestellten kan worden opgevangen, ook kan leiden tot ziekteverschijnselen bij gevoelige mensen.

* De commissie bepleit dat resultaten van GES worden gepubliceerd in de internationale wetenschappelijke literatuur.
** een openbare hoorzitting gevolgd door een uitspraak van de leider van de *inquiry*

Sommige omgevingsfactoren kunnen, althans tot op zekere hoogte, een positieve invloed uitoefenen. Door een gericht ruimtelijke-orderingsbeleid is het mogelijk via het aanzicht van de omgeving de gezondheid te bevorderen.* Mensen baseren het oordeel over hun leefomgeving op een verscheidenheid van aspecten, die zijn opgesomd in tabel 15, bijlage D (zie ¹⁵²) en de in dat artikel aangehaalde referenties). Ook in een deelonderzoek van GES kwam dit tot uiting. ^{84), 239)} Sommige mensen zeiden tevreden te zijn over hun woonomgeving, ook al waren ze ernstig gehinderd door lawaai. Kennelijk is er sprake van compensatiemechanismen. Onderzoek naar de variatie in huizenprijzen rond het vliegveld van Manchester leverde eveneens aanwijzingen dat verschillende kenmerken elkaar in zekere zin kunnen compenseren. ²⁴¹⁾ Geluid is een negatieve factor, maar de goede bereikbaarheid van de luchthaven een positieve, die het effect van het geluid te boven kan gaan. De beoordeling van de eigen leefomgeving en de mogelijkheid deze naar eigen inzicht in te richten zullen hun weerslag vinden in de manier waarop en de mate waarin grote luchthavens de gezondheid beïnvloeden. De commissie komt op dit punt in het volgende hoofdstuk terug.

Een antwoord op de volgende twee vragen is voor beleidsmakers mogelijk van groter belang dan op de vraag in de titel van deze paragraaf. Kent een groot-vliegveld-systeem specifieke gezondheidsrisico's? Verschillen de gezondheidsrisico's in een groot-vliegveldsysteem in omvang van die van elders? De eerste vraag kan worden beantwoord met behulp van de gegevens in de eerdere hoofdstukken. Vliegtuiggeluid en de kans op vliegtuigongevallen zijn specifiek voor een groot-vliegveldsysteem. Dat geldt ook voor de samenloop (of cumulatie) van deze factoren met andere. Verder heeft de commissie in paragraaf 7.4 enkele speciale beroepsmatige gezondheidsrisico's besproken.

De tweede vraag laat zich minder gemakkelijk beantwoorden, omdat niet zonder meer duidelijk is wat onder 'elders' moet worden verstaan. Deze vraag heeft twee kanten: (1) welke omgevingstoestand kan als referentie dienen, en (2) aan de hand van welke kenmerken moet het groot-vliegveldsysteem met de referentie worden vergeleken? Sommigen zullen pleiten voor een industriegebied als aangewezen referentie: in Nederland zou men dan Schiphol kunnen vergelijken met het Rijnmondgebied, met zijn havens en chemische procesindustrie. Anderen geven de voorkeur aan een landelijke omgeving als referentie, te weten de toestand, vaak lang geleden, van het gebied voordat de luchthaven werd aangelegd. De commissie meent dat het vanuit wetenschappelijk oogpunt onmogelijk en ook doelloos is om te zoeken naar een bepaalde, gemeenschappelijke referentie, die voor alle mogelijke vraagstukken dienst kan doen. Als betrokken partijen een risicovergelijking zinnig achten dan zullen ze via een bestuurlijk proces overeenstemming moeten bereiken over de uitgangspunten.

* Rond verscheidene luchthavens zijn bomen geplant om geluidniveaus te verminderen en de omgeving een plezieriger aanblik te geven. ⁶³⁾

Indien risicovergelijking onderdeel uitmaakt van het besluitvormingsproces, verdient de keuze van de risicokenmerken bijzondere aandacht, omdat die keuze de uitkomst van de vergelijking in sterke mate bepaalt. Als onderdeel van het Nederlandse overheidsbeleid gebeurt risicovergelijking meestal voor elke milieufactor afzonderlijk.⁹⁴⁾ Zo wordt voor externe-veiligheid het ‘individueel risico’ (zie paragraaf 6.2) als vergelijkings- (normstellings-) maat gebruikt en voor blootstelling aan lawaai het aantal ernstig gehinderden. Een alternatief vormen geaggregeerde maten, waarin verscheidene kenmerken worden gecombineerd tot één of enkele maten.⁹⁵⁾ Ook hier ligt de uiteindelijke keuze bij de betrokken partijen en bij degenen die met de besluitvorming zijn belast, niet bij commissies van deskundigen.^{55), 95)} Deskundigen hebben tot taak de risico’s te schatten aan de hand van de geselecteerde kenmerken en aan te geven met welke onzekerheid die schatting is behept. De huidige commissie vat haar taak zo op.

8.3 Omgevingsfactoren

In de voorafgaande hoofdstukken beoordeelde de commissie de mate waarin de invloed van omgevingsfactoren op de gezondheid wordt gestaafd door de resultaten van wetenschappelijk onderzoek. Voor zover de bewijskracht van het onderzoeksmateriaal voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en effect als ‘voldoende’ werd gekenmerkt, vat zij haar bevindingen in tabel 14 samen.

Tabel 14 Gezondheidseffecten in een groot-vliegveldsysteem waarvoor de commissie het bewijs voor een oorzakelijk verband met blootstelling aan een bepaalde omgevingsfactor ‘voldoende’ acht.

gevolg	ernst ¹	getroffenen ²	waarnemingsdrempel
<i>gevolgen van luchtverontreiniging</i>			
voortijdige sterfte (effect in gevoelige groepen na een episode)	***	*	de gegevens staan het vaststellen van waarnemingsdrempels voor de gevolgen van luchtverontreiniging niet toe
verergering van luchtwegklachten en cardiovasculaire klachten na een episode (met ziekenhuisopname als gevolg)	***	*	
longfunctievermindering na een episode	*	³	
voortijdige sterfte (vermindering van levensverwachting) door chronische blootstelling	***	*	
longfunctievermindering door chronische blootstelling	**	**	

gevolg	ernst ¹	getroffen- nen ²	waarnemingsdrempel
toename luchtwegaandoeningen (bronchitis) door chronische blootstelling	**	**	
<i>gevolg van blootstelling aan geur</i>			
geurhinder door chronische blootstelling	*	** *	drempel moeilijk vast te stellen
<i>gevolgen van blootstelling aan omgevingsgeluid</i>			
hypertensie	**	**	eq. geluidniveau buiten (06-22 uur) van 70 dB(A)
ischemische hartziekte	***	*	eq. geluidniveau buiten (06-22 uur) van 70 dB(A)
hinder	*	** *	dag-nachtniveau buiten van 42 dB(A) ⁴
slaapverstoring	**	** *	afhankelijk van het effect een SEL-waarde binnen van 35-50 dB(A) ⁵
leerprestaties	**	**	eq. geluidniveau buiten (schooluren) van 70 dB(A)
<i>vliegtuigongevallen</i>			
sterfte, ernstige verwondingen	***	*	⁶

1 * = licht, ** = matig, *** = ernstig

2 * = gevoelige personen, ** = speciale groepen, *** = aanzienlijk deel van de blootgestelden

3 Gemiddel is een vermindering van de longfunctie waargenomen, maar uit de beschikbare gegevens valt niet goed af te leiden om hoeveel mensen het gaat.

4 waarnemingsdrempel voor 'ernstige hinder'; het dag-nachtniveau is het equivalente geluidniveau gedurende een etmaal, waarbij de niveaus gedurende de nacht (periode van 23-07 uur) zijn verhoogd met 10 dB(A)

5 SEL is het equivalente geluidniveau gedurende een geluidgebeurtenis genormaliseerd op een periode van 1 seconde

6 de gehele bevolking loopt een risico, maar slechts weinig zullen worden getroffen

In de literatuur zijn ook andere gevolgen van blootstelling aan omgevingsfactoren beschreven die de commissie als ernstig kwalificeert, maar waarvoor het bewijs voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling en effect 'beperkt' of 'inadequaaf' is, of 'ontbreekt'. Het is niet aan de commissie om aan te geven of desondanks maatregelen ter bescherming tegen deze effecten op hun plaats zijn (zie ook paragraaf 9.3). In de voorgaande hoofdstukken is getracht om de gevolgen zodanig te beschrijven dat deze kunnen worden betrokken bij de gebruikelijke politieke en bestuurlijke besluitvormingsprocessen.

Toekomst

9.1 Strategische keuzen

De burgerluchtvaart expandeert sterk, zowel in het aantal vluchten en het aantal luchtreizigers als het aantal bestemmingen dat regulier wordt aangedaan. Eerder is het overheidsbeleid aangemerkt als een belangrijke oorzaak voor het ontstaan van een netwerk van grote luchthavens verbonden met secundaire vliegvelden (*hub and spoke*-netwerk) (zie paragraaf 2.1).⁶²⁾ Volgens sommigen zou een systeem van routes van ‘punt naar punt’ wel eens winstgevender kunnen zijn voor de luchtvaartmaatschappijen, afhankelijk van de mate waarin overheden belastingen heffen als compensatie voor milieu-‘kosten’.¹⁷⁹⁾ Op dit ogenblik lijkt echter een zich uitbreidend netwerk met grote *hubs* als netwerkknooppunten het meest waarschijnlijk vooruitzicht voor de burgerluchtvaart, in elk geval voor de korte termijn. Daardoor is de keuzevrijheid van regeringen in kleine landen met betrekking tot luchthavenontwikkeling betrekkelijk gering: ofwel de uitbreiding accommoderen ofwel kiezen voor een rol van de luchthaven als secundair vliegveld. In het laatste geval is het gemakkelijker om de gezondheidsbelangen te dienen. Wordt daarentegen uitbreiding toegestaan en slaagt de luchthaven erin uit te groeien tot en zich te handhaven als een *hub* in het wereldwijde luchtvaartnetwerk (dat wil zeggen een grote luchthaven als bedoeld in dit advies) dan is de manoeuvreerruimte met betrekking tot de gezondheidsbelangen beperkt.* Het moge duidelijk

* Op verzoek van de Nederlandse overheid heeft RAND scenario's opgesteld voor de ontwikkeling van de burgerluchtvaart en de positie van Nederland in die ontwikkeling. Of al dan niet wordt uitgegaan van een *hub* in Nederland, is van grote invloed op de uitkomsten van een scenario.^{260), 261),}

zijn dat het hier gaat om strategische keuzen, en niet simpelweg om antwoorden op vragen van operationele aard.

Aan beleidsbeslissingen, in het bijzonder die van strategische aard, liggen altijd normatieve keuzen ten grondslag. De Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) heeft de begrippen 'duurzame ontwikkeling' en 'risicobeleid' geanalyseerd vanuit diverse visies op de herstel mogelijkheden van het milieu en op de mogelijkheden voor en wenselijkheid van veranderingen in productiemethoden en consumptiepatronen.²⁶⁴⁾ Volgens de WRR is het niet mogelijk om risico's uitsluitend aan de hand van wetenschappelijke gegevens te bepalen, maar hangen risicoschattingen af van normatieve uitgangspunten. De commissie onderschrijft die zienswijze waar het gaat om de gezondheidsrisico's verbonden met de luchtvaart in het algemeen en luchthavens in het bijzonder. In het algemeen zullen beleidsmakers in landen met een belangrijk aandeel in de burgerluchtvaart het erover eens zijn dat de gezondheid (met inbegrip van welzijnsaspecten) bescherming verdient en dat overheden daarbij een toonaangevende rol moeten spelen. Maar wie meent dat een bloeiende economie de beste voorwaarden biedt voor een goede gezondheid zal de uitbreiding van een luchthaven anders afwegen tegen de inspanningen ter beheersing van milieufactoren die direct op de gezondheid inwerken, dan wie gelooft dat de luchtvaart nu al een lange-termijnbedreiging vormt voor het leven op aarde. Tussen deze uitersten zijn andere afwegingen mogelijk. Zo hangt het oordeel over het aanleggen van een luchthaven op een kunstmatig eiland in de Noordzee* ter vervanging van Schiphol, in vergelijking tot dat over de goedkopere optie van het uitbreiden van Schiphol op de huidige locatie af van de manier waarop men tegen gezondheidsrisico's en hun gevolgen aankijkt.

In 1996 heeft de Gezondheidsraad gewezen op noodzaak om bij het nemen van strategische beslissingen over milieurisico's een klimaat te creëren waarin recht wordt gedaan aan uiteenlopende politieke zienswijzen en culturen.⁹⁵⁾ De situatie van Schiphol laat zien dat dat gemakkelijker is opgeschreven dan in praktijk gebracht. Ook al zijn er geformaliseerde kanalen gecreëerd waarin de diverse partijen bij de ontwikkeling van plannen en de besluitvorming worden betrokken, de belangentegenstellingen resulteren toch vaak in wantrouwen en botsingen.¹⁹³⁾ Een probleem is hier het vinden van doelmatige vormen om de vele mensen te vertegenwoordigen die onder de rook van een grote luchthaven wonen of werken. Desondanks staat de commissie achter de zojuist bedoelde aanbeveling, die overigens spoort met die van anderen, waaronder de Presidential/Congressional Committee on Risk Assessment and Risk Management in de VS⁵⁵⁾ en de Trustnet Concerted Action van de EU**. Het uitvoering geven aan deze

* Voorbeelden van luchthavens op een kunstmatig eiland zijn Kansai International Airport bij Osaka, Japan en Chek Lap Kok bij Hong Kong, China.

** Het Europese Samenwerkingsprogramma over Risicobeleid (TRUSTNET) omvat ongeveer 80 deelnemers, waaronder nationale en Europese beleidsambtenaren, deskundigen (op het gebied van risicobepaling en veiligheid, regelgeving, socio-

aanbevelingen kan resulteren in een vruchtbare gedachtewisseling tussen alle betrokkenen, met inbegrip van de mensen die in een groot-vliegveldsysteem wonen of werken. Die gedachtewisseling moet voorafgaan aan beslissingen van de overheid over te aanvaarden risico's en de randvoorwaarden daarbij.

De beslissingen om een grote luchthaven ergens te vestigen of uit te breiden zijn strategisch van aard. Dergelijke beslissingen:⁹⁵⁾

- P** vereisen het ontwikkelen van nieuwe beslissingsmethoden en -criteria
- P** moeten zijn gebaseerd op een consistente argumentatie en een doordachte visie
- P** moeten rekening houden met diverse beschermingsdoelen
- P** omvatten een afweging van het maatschappelijk nut volgens diverse partijen tegen het risico
- P** moeten doelmatig zijn na afweging van 'opportunity costs',

De belangrijkste gevolgtrekking uit deze overwegingen is dat er geen standaardrecept is om te beslissen over de ontwikkeling van een grote luchthaven, zoals ook blijkt uit de uitgevoerde *case studies* (bijlage C). Natuurlijk vallen uit elke situatie lessen te trekken, in het bijzonder over de technologische mogelijkheden en onmogelijkheden, maar steeds is een nieuwe strategie vereist die past bij de lokale en nationale politieke cultuur. Het strategisch karakter van de vragen rond vestiging en uitbreiding van grote luchthavens houdt in dat ook vragen over mobiliteit en vervoersstructuren op tafel komen. Dat noopt onder meer tot een vergelijking van de effecten van de diverse vormen van vervoer. Een Europees voorbeeld is de vervanging van luchtvervoer over relatief korte afstanden (tot 600 km) door vervoer per hoge-snelheidstrein; tot nu toe wordt die discussie vooral in termen van economie en gedragingen van mensen gevoerd, zij wordt echter nauwelijks geschraagd door een gedegen vergelijkende risico-analyse waarin alle milieu- en gezondheidseffecten worden betrokken.²⁶¹⁾

9.2 Ruimtelijke ordening en zonerings

Bestemmingsplannen en zonerings zijn voor de hand liggende ruimtelijke-ordeningsinstrumenten om de ontwikkeling rond een grote luchthaven in zodanige banen te leiden dat

logie, psychologie, economie, volksgezondheid), vertegenwoordigers van de industrie en lokale overheden. TRUSTNET heeft tot doel (1) de factoren te bepalen die de geloofwaardigheid, de effectiviteit en de legitimiteit beïnvloeden van de wijze waarop regels voor gevaarlijke activiteiten worden gesteld, (2) een Europees netwerk te vormen van beleidsmakers bij overheden, deskundigen en belanghebbenden (*stakeholders*) om tekortkomingen en andere problemen op te sporen, (3) meer samenhangende, omvattende en rechtvaardige benaderingen te ontwikkelen om gezondheids- en milieurisico's te beoordelen, te vergelijken en te beheersen, en (4) een gemeenschappelijke basis te ontwerpen als uitgangspunt voor een toekomstig onderzoekprogramma gericht op de bescherming van de gezondheid en het milieu tegen industriële en natuurlijke risico's. Het eindrapport van TRUSTNET zal in 1999 worden gepubliceerd.

de bescherming van de gezondheid gewaarborgd is.* De effectiviteit van deze instrumenten zal van land tot land verschillen, afhankelijk van de politieke cultuur. Overigens kunnen uiteenlopende uitgangspunten voor het inperken van risicovolle activiteiten tot overeenkomstige resultaten leiden.⁵¹⁾ Maar zelfs in Nederland, met een lange traditie op het gebied van ruimtelijke ordening en geïnstitutionaliseerde planningsprocessen, worden voorstellen gedaan voor een meer geïntegreerde benadering en het beter betrekken van belanghebbenden bij de plannen, in het bijzonder bij activiteiten als de uitbreiding van Schiphol.²⁶⁶⁾ Een geïntegreerde beoordeling van de gezondheidsaspecten zou in dit verband een rol kunnen spelen.

Verscheidene maatregelen zijn voorgesteld met betrekking tot de bestemming van een bepaald gebied in verband met de veiligheid (en andere milieufactoren).^{114), 35)} Voorbeelden zijn de zogeheten veiligheidszones in het Verenigd Koninkrijk en Nederland, waardoor het bouwen van woningen binnen ongevalsrisico- en geluidscontouren aan banden wordt gelegd. Eerder in dit advies is al gewag gemaakt van het 'groen' in het landschap – te beïnvloeden door bestemmingsplannen – dat mede het aanzicht van de omgeving bepaalt, kan helpen geluidniveaus te verminderen en verstedelijking en industrialisering tegengaat ('groene corridor'-concept) en zo een gunstige invloed heeft op de gezondheid van mensen. Dergelijke maatregelen passen goed binnen een ecologisch-herstelbeleid.

Zonering blijkt een algemeen toegepast beleidsinstrument te zijn in de omgeving van grote luchthavens om bepaalde activiteiten aan banden te leggen. De grenzen van de zones worden vaak bepaald aan de hand van geluidniveaus – uitgedrukt in een geschikte geluidmaat⁹⁶⁾ – en van berekende niveaus van het individueel en het groepsrisico. Vaak wordt onderscheid gemaakt tussen bestaande en nieuwe activiteiten. De eerste mogen worden voortgezet, al dan niet na het treffen van bepaalde maatregelen, terwijl nieuwe activiteiten niet worden toegestaan of slechts onder strikte voorwaarden. Zo kunnen bijvoorbeeld in een zone met de hoogste geluidniveaus de daar aanwezige woningen worden geïsoleerd op kosten van de overheid of de luchthaven, maar is het bouwen van nieuwe huizen daar niet toegestaan. In Nederland wordt een extern-veiligheidsbeleid voor luchthavens voorbereid waarbij het is verboden in de binnenste veiligheidszone huizen te bouwen of een bedrijf te vestigen met meer dan een bepaald aantal werknemers.

De commissie benadrukt de noodzaak van integratie van dit soort maatregelen. Geluids- en externe-veiligheidscontouren hebben overeenkomende vorm (vergelijk figuur 7 met figuur 12), hetgeen enige integratie mogelijk maakt. Gebieden met uiteenlopende bestemming worden, althans in Nederland, vaak begrensd door historische elementen in het landschap, zoals rivieren en bossen, en infrastructuuronderdelen zoals

* Dempsey heeft kort geleden een overzicht gegeven van het toepassen van ruimtelijke-ordeningsinstrumenten bij luchthavens in diverse delen van de wereld.⁶³⁾

verkeers- en waterwegen. Gezien de orde-van-grootte-nauwkeurigheid van de risicoberekeningen en de variatie in blootstelling-responsrelaties voor de effecten van geluid, pleit de commissie voor een flexibele zonering en voor een koppeling van dat beleid met de procedures voor het vaststellen van bestemmingsplannen. Dit soort ideeën zijn al eerder geventileerd.²²⁷⁾

Voor het beheersen van de effecten van luchtverontreiniging lijkt zonering minder geschikt, daar luchtverontreinigende stoffen veel minder plaats gebonden zijn dan geluidniveaus (zie figuur 6). Een mogelijke uitzondering vormen verkeerscorridors, waarbij een geïntegreerde zonering voor lucht en geluid zou kunnen worden nagestreefd.

9.3 Toelaatbaarheid

Welke mogelijkheden zijn er om de factoren die de voor- en nadelen van werken en in het bijzonder wonen in een groot-vliegveldsysteem bepalen, te beïnvloeden? Daarbij gaat het om het maximaliseren van de voordelen (waaronder die voor de gezondheid) en tegelijkertijd om het verkleinen van de nadelen. Als eerste op de lijst van risicobeheersingsmaatregelen staat het verminderen van de blootstelling. Bij het ontwerpen van aanvullende maatregelen kunnen de kenmerken die mensen belangrijk achten bij het vellen van een oordeel over hun leefomgeving, richtinggevend zijn (zie bijlage D). Verscheidene van die kenmerken, in het bijzonder die op wijk- en streekniveau, kunnen door overheden en particulieren worden beïnvloed. Voorbeelden zijn parken, bomen, gemeenschapsvoorzieningen zoals bibliotheken en scholen, natuurlijke elementen in het landschap tussen woonwijken.* Ook de mate van openheid van de communicatie tussen de overheid en luchthavenbeheerders aan de ene kant en de bevolking en andere belanghebbenden aan de andere, over ontwikkelingen in het luchthavenbedrijf en het aanpassen van vluchttijden, vluchtroutes en baangebruik, kunnen bijdragen aan het meer aanvaardbaar maken van het wonen nabij de luchthaven. Wel vergen bij zo'n benadering mensen in achterstandssituaties in het bijzonder aandacht, ervan uitgaande dat beleidsmakers aan uitgangspunten als een eerlijke verdeling van lusten en lasten waarde hechten.

Deze beleidsinvalshoek verschilt van die van zonering, besproken in de voorgaande paragraaf, die is gebaseerd op het handhaven door de overheid van een tevoren vastgesteld niveau van gezondheidsbescherming en milieukwaliteit. In de zojuist besproken benadering is het te bereiken niveau van leefkwaliteit de uitkomst van een communicatie- en onderhandelingsproces tussen belanghebbenden, dat – idealiter – leidt tot een situatie die alle betrokken bevolkingsgroepen te tolereren achten. Dit proces heeft een

* In 1998/1999 spendeerde BAA, de eigenaar van Heathrow en zes andere Britse vliegvelden, 200 000 Britse ponden (ongeveer Euro 300 000) aan het lokale milieu en aan onderwijsactiviteiten.

dynamisch karakter. Een groot-vliegveldsysteem is immers aan verandering onderhevig als gevolg van veranderingen in de luchtvaart. Daardoor veranderen de gezondheidseffecten en de voordelen van het systeem en daarmee de risiconiveaus die de bevolking bereid is te tolereren.

Welke benadering of combinatie van benaderingen de voorkeur verdient, wordt bepaald door de politieke cultuur in een land en de voorkeuren van de belanghebbenden. Van oudsher is in Nederland een benadering in zwang waarin ‘universele’ milieu- en gezondheidsnormen, die voor iedereen gelden, centraal staan. Vermoedelijk geeft men aan die benadering nog steeds de voorkeur.^{115), 244)} Maar ten gevolge van een overheidsbeleid dat deregulering en marktwerking in zijn vaandel voert, kunnen andere benaderingen mogelijk effectiever zijn en aanvaard worden. De commissie wijst opnieuw naar de eerder door de Gezondheidsraad voorgestelde structurering van het besluitvormingsproces in het kader van het beheersen van milieurisico’s in geval van strategische vraagstukken (zie paragraaf 9.1).⁹⁵⁾ De beslissing om Schiphol te verplaatsen naar een kunstmatig eiland in de Noordzee is van verstrekkender en onzekerder aard dan het aanscherpen van het regime van nachtvluchten, hoewel beide strategische consequenties hebben. Dit verschil zal zich doen laten gelden in het besluitvormingsproces en is van invloed op de beleidsprincipes en argumenten benodigd voor het nemen van de beslissing.

9.4 Technologie en kwaliteitsbeheersing

Het zich uitbreidende, wereldwijde burgerluchtvaart-netwerk kan niet alleen leiden tot onaanvaardbare gezondheidsrisico’s, het zal ook op een zeker tijdstip in de toekomst spaak lopen, tenzij technologische vooruitgang wordt geboekt. Dit bedreigende scenario is al enige tijd onderkend in luchtvaartkringen. De National Aeronautics & Space Administration (NASA) in de VS heeft een ambitieus onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma opgezet om deze zaken het hoofd te bieden.¹¹⁹⁾ De gestelde doelen zijn:

- P** vliegtuigen en vluchtsystemen – het voorkomen van storingen door een beter ontwerp, constructie onder kwaliteitsbeheersing, monitoring en betere methoden om storingen te voorspellen en door tijdige reparatie te voorkomen
 - P** mensen – het uitbannen van menselijke fouten door een mensgericht ontwerp van de systemen in een vliegtuig, gecompleteerd door kwaliteitsprocedures en -processen en het streven naar getraind, ervaren, uitgerust en betrokken personeel dat goed samenwerkt
 - P** milieu – het verzekeren van voldoende scheiding tussen vliegtuigen in de lucht, tussen het vliegtuig en gevaarlijke weerscondities, gebieden en hindernissen, en militaire dreiging en sabotage.
-

Tot dit programma behoort de ontwikkeling van schonere en stillere vliegtuigmotoren, om ook bij groeiend luchtverkeer de luchtverontreiniging en de geluidniveaus te verminderen. Al deze doelen zouden volgens de plannenmakers in de VS voor 2030 behaald moeten zijn, en daarenboven moeten leiden tot sneller en goedkoper luchtverkeer. Hoewel men kritische kanttekeningen kan plaatsen bij dit leunen op de technologische ontwikkeling, beoordeelt de commissie de voorstellen van NASA wel als samenhangend en compleet. Ze houden rekening met de diverse factoren die vanuit gezondheids- en milieuoogpunt van belang zijn en. Ook bouwen de voorstellen voort op de kwaliteitsbeheersingsprocessen die al gangbaar zijn in de luchtvaartindustrie.

Certificatie is een belangrijk onderdeel van kwaliteitsbeheersing. Dit is inmiddels algemeen erkend door overheid en bedrijfsleven. De serie ISO 9000-normen voor kwaliteitsbeheersingssystemen en van de serie ISO 14000-normen voor milieuzorgsystemen komen in toenemende mate in zwang.¹²⁴⁾ Het certificeren van vliegvelden is in de VS verplicht (Federal Aviations Regulations, Pt. 139) en wordt thans in Europa geïntroduceerd. De commissie staat achter de verdere ontwikkeling van certificatie, ook voor luchthavens en luchtvaartmaatschappijen, als een effectieve manier om kwaliteitsbeheersing in praktijk te brengen.

De commissie beveelt ook aan dat de ontwikkeling van technologie gepaard gaat met technologisch-aspectenonderzoek. In dat onderzoek zouden de maatschappelijke (waaronder de gezondheids-) consequenties van technologische vernieuwingen moeten worden geïnventariseerd en beoordeeld. Dat is vooral van belang omdat beslissingen over technologische vernieuwingen vaak vooral op economische gronden worden genomen. Een voorbeeld is de (her)introductie van supersoon vliegen in de burgerluchtvaart. Technisch lijkt dit mogelijk, maar het zal ook gezondheidsgevolgen op de korte, en ecologische gevolgen op de lange termijn met zich meebrengen. De reden dat de introductie nu niet plaatsvindt is vooral van economische aard.²⁶¹⁾ Een technologisch-aspecten onderzoek tracht alle relevante factoren (en zo mogelijk de *trade-offs*) tegelijk in ogenschouw nemen.

9.5 Beschikbaarheid van informatie

Kwaliteitsbeheersing in een organisatie hangt mede af van een open uitwisseling van informatie, in het bijzonder over abnormale voorvallen, bijna-ongevallen en procedures die niet voldoen. Het opzetten van een 'lerende organisatie' is niet eenvoudig en vereist experimenten.¹⁶⁶⁾ Luchtvaartmaatschappijen en luchthavenbeheerders hebben systemen om ongewone voorvallen of ineffectieve procedures te rapporteren. Openheid is daarbij een vereist, wil de organisatie uit de meldingen lering kunnen trekken. Dat lukt alleen als de rapportages slechts ter lering zijn bedoeld en niet voor het beantwoorden van de schuldvraag.

In lijn met deze benadering zouden ook gegevens over de milieu- en veiligheidszorg van de bedrijven in een groot-vliegveldsysteem openbaar moeten zijn. De vliegtuigpassagiers en de omwonende van een grote luchthaven zijn immers direct belanghebbenden. Volgens sommigen zou een te grote openheid tot misvattingen kunnen leiden. In een verslag van onderzoek in de VS naar het rapporteren van ongebruikelijke voorvallen bij luchtvaartmaatschappijen trokken de onderzoekers de conclusie dat alle maatschappijen als even veilig zijn te kenschetsen.¹²⁾ Het publiceren van de gegevens over ongevallen en bijna-ongevallen zou een verkeerde boodschap kunnen overbrengen en van weinig waarde zijn voor het reizigerspubliek.

De commissie was niet in de gelegenheid dit onderwerp in detail te bespreken, en ziet daarom af van het doen van definitieve aanbevelingen. Zij meent echter dat het achterhouden van informatie voor bepaalde belanghebbenden contraproductief is. Dit onderwerp verdient zeker nadere aandacht en de commissie raadt regeringen dan ook aan het initiatief te nemen de aard en kwaliteit van de informatie die verband houdt met veiligheid en gezondheid met alle belanghebbenden te bespreken.

9.6 Een integrale aanpak

Een groot-vliegveldsysteem functioneert bij de gratie van een goed samenspel tussen veel verschillende partijen (zie figuur 1, hoofdstuk 2). Elke beslissing van een partij zal, althans in principe, haar invloed doen gelden op de gezondheidsgevolgen van de bedrijvigheid op de luchthaven en in de omgeving van het vliegveld. Zo kan de beslissing om de vluchtroutes te wijzigen om de geluidsniveaus in woonwijken rond de luchthaven te verminderen, ongunstig uitwerken voor het ongevalsrisico. Een ander voorbeeld is de introductie van stillere motoren die meer luchtverontreinigende stoffen emitteren. Het stimuleren van passagiersvervoer met hoge-snelheidstreinen om het wegverkeer en de daarmee samenhangende luchtverontreiniging in de omgeving van de luchthaven terug te dringen, heeft gevolgen voor de ruimtelijke infrastructuur, omdat spoorwegen in het algemeen geen wegen en snelwegen vervangen, terwijl de treinen bovendien nieuwe veiligheidsrisico's introduceren. Daarom bepleit de commissie een structuur waar ontwikkelingen kunnen worden gevolgd en beoordeeld voordat de gevolgen onherroepelijk zijn. Zij zit met dit pleidooi op de zelfde lijn als de aanbevelingen in veiligheidsstudies ten behoeve van de ontwikkeling van Schiphol om een integrale beoordelingswijze te institutionaliseren.^{35), 105), 114)} * De commissie meent dat dit betrekking dient te hebben op alle gezondheidsvragen.

Het valt buiten het mandaat van de commissie om de politieke inbedding en organisatorische structuur van zo'n geïntegreerd risicobeheersingssysteem voor grote

* Bij Schiphol zijn stappen gezet om een geïntegreerd veiligheidsbeheersingssysteem op te zetten.

luchthavens aan te geven. Men kan denken aan een *clearinghouse*-structuur, die de bevoegdheden van de bestaande overheidsinstanties en particuliere organisaties onverlet laat. Een ander uiterste is een nieuw orgaan, op democratische leest geschoeid, met vergaande uitvoerende bevoegdheden die daartoe voor een deel aan de andere 'spelers' ontnomen worden. Welke vorm ook wordt gekozen, de te creëren structuur zou in elk geval in staat moeten zijn om het gezondheidsmonitoring-systeem te beheren dat de commissie in paragraaf 8.1 voorstelde.

9.7 Slot

In dit advies is geconcludeerd dat een luchthavenbedrijf, met inbegrip van de verscheidenheid aan andere activiteiten die het genereert en aantrekt, ook een negatieve invloed uitoefent op de gezondheid, hoewel er opties zijn om die invloed te beperken. De lokale gevolgen van de bedrijvigheid op en rondom een grote luchthaven zijn onderdeel van effecten van de luchtvaart die ook een meer wereldwijd en lange-termijnkarakter hebben. Daarom is het nodig de aandacht ook te richten op 'mobiliteit' in het algemeen. De luchtvaartindustrie wordt in toenemende mate gedomineerd door spelers van wereldformaat en is afhankelijk van internationaal samenspel tussen overheden en particuliere partijen. Indien de ontwikkeling van de burgerluchtvaart niet wordt ingepast in een aanvaard mobiliteitsbeleid dat rekening houdt met de lokale en mondiale gezondheidseffecten op de korte en de lange termijn, dan zal het luchtvaartavontuur dat begon met de gebroeders Wright in belangrijke mate bijdragen aan blijvende aantasting van gezondheid en welzijn.

Den Haag, 2 september 1999,

voor de commissie

(wg)

prof. dr WF Passchier

secretaris

prof. dr JA Knottnerus

voorzitter

Literatuur

-
- 1) Aavitsland P, Blystad H, Mehl R, *et al.* [Smittevern ved internasjonal flytraffik til Norge. [Communicable disease control in connection with international air traffic to Norway] Tidsskr Nor Laegeforen 1998; 118(23): 3649-53.
 - 2) Abbey DE, Ostro BE, Petersen F, *et al.* Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particulates less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM_{2.5}) and other pollutants. *J Exp Anal Environ Epidemiol* 1995; 5(2): 137-59.
 - 3) Abbey DE, Hwang BL, Burchette RJ. Long-term ambient concentrations of PM₁₀ and airway obstructive disease. *Arch Environ Health* 1995; 50(2), 135-50.
 - 4) Abbey DE, Burchette JB, Knutsen SF, *et al.* Long-term particulate and other air pollutants and lung function in non-smokers. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158; 289-98.
 - 5) Abbey DE, Nishino N, McDonnell, WF, *et al.* Long-term inhalable particles and other air pollutants related to mortality in non-smokers. *Am J Respir Care Med* 1999; 159: 373-82.
 - 6) ACI Traffic Data: World airports ranking by total movements - 1998 (preliminary). World Wide Web . 18-3-1998 <http://www.airports.org/traffic/movements.html>. Airport Council International. Consulted: 22-5-1999.
 - 7) ACI Traffic Data: World airports ranking by total movements - 1998 (preliminary). World Wide Web . 18-3-1998 <http://www.airports.org/traffic/passengers.html>. Airport Council International. Consulted: 22-5-1999.
 - 8) American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the environmental and occupational health assembly of the American Thoracic Society. *Am J Crit Care Med* 1996; 153: 3-50.
 - 9) Anderson HR, Spix C, Medina S, *et al.* Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J* 1997; 10: 1064-71.
-

- 10) Anker IM van den, Velze K van, Onderdelinden D. Luchtverontreiniging door de luchthaven Schiphol. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 1989; (Rapportnr 228702020).
 - 11) Anonymus. Milieunormen luchtvaart. Een vergelijking van de normstelling voor milieu en veiligheid van luchtvaart, industrie en verkeer [Environmental aviation standards. A comparison of regulatory standards for environment and safety related to aviation, industry and traffic]. Amersfoort: Ingenieursbureau DHV & Stichting Natuur en Milieu, 1998; (ML-IN980345).
 - 12) Anonymus. Safety Reports. Aviation Safety Data Accessibility Study Index. A Report On Issues Related To Public Interest In Aviation Safety Data. 1997; Internet: http://nasdac.faa.gov/safety_info_study/, consulted 16-07-1999.
 - 13) Appleton J. The experience of landscape (Revised edition). New York: John Wiley, 1996.
 - 14) Archer LJ Aircraft emissions and the environment. Oxford: UK. Oxford Institute for Energy Studies, 1993; (OIES papers on energy and the environment).
 - 15) BAA. BAA sustainability report 1998/99. London: BAA plc, 1999; Internet: <http://www.baa.co.uk/domino/baa/baanet.nsf/vwLookupAsFrameByUNID/D107903F83CD620B802567820043E7A4>, consulted 17-07-1999.
 - 16) Baas J, Thijsse ThR. Passieve monsterneming van koolwaterstoffen. Twee demonstratieproeven [Passive sampling of hydrocarbons. Two demonstration experiments]. 1996; (rapport TNO-MW-R95/198).
 - 17) Baas J, Hollander JCT den, Boeft J den, *et al.* Luchtkwaliteit rondom Schiphol; uitwerking van vaststellingsstrategieën [Air quality around Amsterdam Schiphol; description of measurement strategies]. 1997; (rapport TNO-MEP-R97/022).
 - 18) Babisch W, Fromme H, Beyer A, *et al.* Elevated catecholamine levels in urine in traffic noise exposed subjects. Proceedings Inter-Noise 1996; Liverpool, 2153-8.
 - 19) Babisch W. Epidemiological studies of the cardiovascular effects of occupational noise - A critical appraisal. Review. Noise Health 1998; 1: 24-39.
 - 20) Babisch W. Epidemiological studies on cardiovascular effects on traffic noise. In advances in Noise research Vol 1 Biological effects of Noise. Prasher D, ed. London: Luxon L, 1998.
 - 21) Babisch W, Ising H, Gallacher JEJ, *et al.* The Caerphilly and Speedwell studies 10 year follow-up. 7th International congress on noise as a public health problem. Volume 1. Carter N, Job RFS, eds. Sydney, 1998.
 - 22) Band PR, Le ND, Fang R, Deschamps M, *et al.* Cohort study of Air Canada pilots: mortality, cancer incidence, and leukemia risk. Am J Epidemiol. 1996; 143(2): 137-43.
 - 23) Beeson WL, Abbey DE, Knutsen SF. Long-term concentrations of ambient air pollutants and incident lung cancer in California adults: results from the AHSMOG study. Environ Health Perspect 1998; 106: 813-23.
 - 24) Begault DR, Wenzel EM, Tran LL, *et al.* Survey of commercial airline pilots' hearing loss. Percept Mot Skills 1998; 86(1): 258.
 - 25) Berg AE van den, Vlek CA, Coeterier JF. Group differences in the aesthetic evaluation of nature development plans: A multilevel approach. J Env Psychol 1998; 18(2): 141-57.
 - 26) Berglund B. The Second Airport Regions Conference, Vantaa, Finland, 28-29 November 1996. 1996; Aircraft noise and health. Workshop 1: Noise and Pollution.
-

- 27) Blettner M, Grosche B, Zeeb H. Occupational cancer risk in pilots and flight attendants: current epidemiological knowledge. *Radiat Environ Biophys* 1998; 37(2): 75-80.
 - 28) Bloemen HJTh, Bos HP, Jekel AA, *et al.* Luchtverontreiniging door de luchthaven Schiphol. Deel III. Meetresultaten organische componenten en mutageniteit [Air pollution of Amsterdam Schiphol airport. Part III. Results of measurements of organic compounds and mutagenicity.]. Bilthoven: RIVM, 1991; (rapport nr. 222104003).
 - 29) Boeft J den, Huygen C, Tonkelaar WAM den. Luchtverontreiniging en Geur [Air pollution and odour]. Delft: TNO-Instituut voor Milieuwetenschappen, 1993.
 - 30) Boezen M, Schouten J, Rijcken B, *et al.* Peak expiratory flow variability, bronchial responsiveness and susceptibility to ambient air pollution in adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158(6): 1848-54.
 - 31) Boezen M, Zee S van der, Postma DS, *et al.* Effects of ambient air pollution on upper and lower respiratory symptoms and peak expiratory flow in children. *Lancet* 1999; 353(9156): 874-8.
 - 32) Borghini S, Vicini G. Airports, Environment and Development: Achieving a balance by implementing environmental management systems. *Feem Newsletter* 1998; 1.
 - 33) Bourassa SC. Toward a theory of landscape aesthetics. *Landscape Urban Planning* 1988; 15: 241-252.
 - 34) Bourassa SC. The aesthetics of landscape. London: Belhaven Press, 1991.
 - 35) Brady SD, Hillestad RJ. Modelling the External Risks for Airports for Policy Analysis. Santa Monica, CA, USA: RAND, 1995.
 - 36) Bridges JW. The effect of air quality on human health, Heathrow Terminal 5, Proof of evidence, British Aviation Authority, BAA-1476, 1998.
 - 37) Bridges JW. Report on the effect of air pollution around Heathrow upon human health, Heathrow Terminal 5, British Aviation Authority, BAA-822, 1998.
 - 38) Brunekreef B, Dockery DW, Krzyzanowski M. Epidemiological studies on the short-term effects of low levels of major air pollution components. *Environ Health Perspect* 1995; 103(S): 3-13.
 - 39) Brunekreef B, Jansen NAH, Hartog J de *et al.* Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. *Epidemiology* 1997; 8: 298-303.
 - 40) Brunekreef B. Health effects of traffic related air pollution. Draft report for WHO European Centre for Environment and Health, Rome Division. Rome: WHO, 1999.
 - 41) Bureau of Transportation Statistics. Pocket Guide to Transportation 1998. Washington, DC: Bureau of Transportation Statistics, US Department of Transportation, 1998.
 - 42) Burns WJ, Slovic P, Kasperson RE, *et al.* Incorporating structural models into research on the social amplification of risk: implications for theory construction and decision making. *Risk Anal* 1993; 13: 611-23.
 - 43) Burnett RT, Cakmak S, Brook JR. The effects of urban ambient air pollution mix on daily mortality rates in 11 Canadian cities. *Can J Public Health* 1998; 89: 152-6.
 - 44) Caldwell JAJ. Fatigue in the aviation environment: an overview of the causes and effects as well as recommended countermeasures. *Aviat Space Environ Med* 1997; 68(10): 932-8.
 - 45) Calender K, Ahlfors A, Persson C, Sjödin A. Miljömal for den Civillia Flygtrafiken I Sverige. Gothenburg, Zweden: IVL, 1990.
-

- 46) Cancilla DA, Holtkamp A, Matassa L, *et al.* Isolation and characterization of Microtox-active components from aircraft de-icing/anti-icing fluids. *Environ Toxicol Chem* 1997; 16: 430-4.
- 47) Cancilla DA, Martinez J, Aggelen GC van. Detection of aircraft de-icing/antiicing fluid additives in a perched water monitoring well at an international airport. *Environ Sci Technol* 1998; 32: 3834-5.
- 48) Castelo Branco N. The clinical stages of vibroacoustic disease. *Aviat Space Environ Med* 1999; 70(3 Pt 2): A32-A39.
- 49) Centraal Bureau voor de Statistiek (Statistics Netherlands). *Tijdreeksen Verkeer & Vervoer 1998* [Time series Traffic & Transport 1998]. Internet: <http://neon.vb.cbs.nl/statweb/indexned.stm>. Consulted: May 16, 1999.
- 50) Ciccone G, Forastiere F, Agabiti N, *et al.* Road traffic and adverse respiratory effects in children. *Occup Environ Med* 55, p 771-778, 1998.
- 51) Christou MD, Amendola A, Smeder M. The control of major accident hazards: The land-use planning issue. *J Hazardous Materials* 1999; 65(1-2): 151-78.
- 52) Cleijne JW, Boeft J den, Zandveld P, *et al.* Evaluatie luchtkwaliteit in de regio Schiphol (1995 en 1996) [Evaluation of air quality the Amsterdam Schiphol region (1995 and 1996)]. 1997; (rapport TNO-MEP-R97/174).
- 53) Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D. Physiological, motivational and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. *Am Psychol* 1980; 35: 231-43.
- 54) Cohen S, Evans GW, Krantz DS, *et al.* Aircraft noise and children: longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise abatement. *J Pers Soc Psychol* 1981; 40(2): 331-45.
- 55) Commission on Risk Assessment and Risk Management. Risk assessment and risk management in regulatory decision making. Volume 2. Washington DC. The Presidential/Congressional Commission on Environmental Health Risk Assessment. 1997; (Final Report).
- 56) Committee on Medical Cure and Care. Report on choices in medical cure and care. The Hague: Ministry of Welfare, Health and Culture, 1991.
- 57) Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP). Quantification of the effects of air pollution on health in the United Kingdom. London. UK Department of Health, 1998.
- 58) Conrad P. Medicalization and social control. *Ann Rev Sociol* 1992; 18: 209-32.
- 59) Cooper CL, Sloan S. Occupational and psychosocial stress among commercial aviation pilots. *J Occup Med* 1985; 27(8): 570-6.
- 60) Cooper Marcus C, Sarkissian W. *Housing as if people mattered*. Berkeley: University of California Press, 1986.
- 61) Delfino RJ, Murphy-Moulton AM, Burnett RT, *et al.* Effects of ozone and particulate air pollution on emergency room visits for respiratory illnesses in Montreal. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 568-76.
- 62) Dempsey PS, Gesell LE. *Airline Management*. Chandler, AZ: Coast Aire Publications; 1997.
- 63) Dempsey PS. *Airport Planning & Development Handbook*. McGraw Hill; 1999.
-

- 64) DETR. Noise Exposure Contours for Heathrow Airport 1997. London. Department of the Environment, Transport and the Regions. 1999; Internet: <http://www.aviation.detr.gov.uk/nec/heathrow/index.htm>, consulted 16-07-1999.
- 65) Dockery DW, Pope CA, Xu X, *et al.* An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-9.
- 66) Dockery DW, Cunningham J, Damokosh AI, *et al.* Health effects of acid aerosols on North American children: respiratory symptoms. *Environ Health Perspect* 1996; 104(5): 500-5.
- 67) Doll R. Health and the environment in the 1990's. *Am J Public Health* 1992; 82: 933-41.
- 68) Downie RS, Macnaughton RJ. Images of health. *Lancet* 1998; 351: 823-5.
- 69) Ducombs G, Tamisier JM, Texier L. Contact dermatitis to 1-H benzotriazole. *Contact Dermatit* 1980; 6: 224-5.
- 70) Duhme H, Weiland SK, Keli U, *et al.* The association between self-reported symptoms of asthma and allergic rhinitis and self-reported traffic density on street of residence in adolescents. *Epidemiology* 1996; 96(7): 579-82.
- 71) Environment Canada (Conservation and Protection) and Transport Canada (Airports Group). Proceedings of a meeting on Aircraft De-icing and the Environment, Montreal, July 6-9, 1993; 11-8.
- 72) EPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter. Washington DC: Environmental Protection Agency, 1996; (report EPA 600/P-95/001).
- 73) European Environment Agency. Environment in the European Union at the turn of the century [Het milieu in de Europese Unie, op de drempel van een nieuwe eeuw]. Luxembourg. Official publications office of the European Communities, 1999.
- 74) Evans AW, Jones-Lee M *et al.* Third party risk near airports and public safety zone policy. London: Department of the Environment, Transport and Regions, 1997.
- 75) Evans GW, Hygge S, Bullinger M. Chronic noise and psychological stress. *Psychol Sci* 1995; 6(6): 333-8.
- 76) Evans GW, Maxwell L. Chronic noise exposure and reading deficits. The mediating effects of language Acquisition. *Environ Behav* 1997; 29(5): 638-56.
- 77) Evans GW, Bullinger M, Hygge S. Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. *Psychological Science* 1998; 9(1): 75-7.
- 78) Faramelli N. Boston Logan International Airport and Air Quality. Paper prepared for International Seminar and Aviation Industry, Birmingham International Airport, November 4-7, 1991.
- 79) Federal Aviation Administration, Office of System Safety reports. System indicators. Accident indicators through March 1999. 1999. Internet: http://nasdac.faa.gov/safety_analysis/si.htm, consulted July 13, 1999.
- 80) Fenger J, Berkowitz R, Stenfalk L, *et al.* Luftkvalitetsundersogelser ved Kobenhavns Lufthavn 1988-1989. Roskilde: DMU, 1990.
- 81) Fischer JD, Knott M, Turley SD, *et al.* The acute whole effluent toxicity of storm water from an international airport. *Environ Toxicol Chem* 1995; 14: 1103-11.
- 82) Fischhoff B, Bostrom A, Quadrel MJ. Risk perception and communication. In: Detels R, McEwen J, Omenn G, editors. *Oxford textbook of public health*. 3rd ed. London: Oxford University Press, 1997; Chapter 34: 987-1002.
-

- 83) Franssen EAM, Ameling CA, Lebret E. Variations in birth-weight in the vicinity of Schiphol Airport (in Dutch). Bilthoven: RIVM, 1997; (reportnr. 441520 008).
- 84) Franssen EAM, Lebret E, Staatsen BAM. Health Impact Assessment Schiphol airport. Bilthoven: RIVM, 1999; (RIVM Draft Report., to be published. Document prepared on request of the Committee on Health Effects of Large Airports).
- 85) Froberg DG, Kane RL. Methodology for measuring health-state preferences I-IV. *J Clin Epidemiol* 1989; 42: 345-54, 459-71, 585-92, 675-85.
- 86) Fromm P, Cline B, Ribak J. Disease evaluated on return-to-work examinations: aviation ground personnel compared to other workers. *Aviat Space Environ Med* 1996; 67(4): 361-3.
- 87) Gerin M, Patrice S, Begin D, *et al.* A study of ethylene glycol exposure and kidney function of aircraft de-icing workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69(4): 255-65.
- 88) Giacomini T, Axler O, Mouchet J, *et al.* Pitfalls in the diagnosis of airport malaria. Seven cases observed in the Paris area in 1994. *Scand J Infect Dis* 1997; 29: 433-5.
- 89) Goerdts A, Koplan JP, Robine JM, *et al.* Non-fatal Health Outcomes: concepts, instruments and indicators. In: Murray CJL, Lopez AD, eds. *The global burden of disease; a comprehensive assessment of mortality and disability from disease, injury, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Global burden of disease and injury series, volume I.* Harvard University Press, 1996.
- 90) Gong HJ, Simmons MS, Linn WS, *et al.* Relationships between acute ozone responsiveness and chronic loss of lung function in residents of a high-ozone community. *Arch Environ Health* 1998; 53(5): 3130-37.
- 91) Gori GB. Epidemiology, risk assessment, and public policy: restoring epistemic warrants (editorial). *Risk Anal* 1998; 16: 291-3.
- 92) Health Council of the Netherlands: Committee on Aircraft Noise and Sleep. Aircraft noise and sleep [Vliegtuiglawaai en slaap]. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1992; publication nr 1992/05E.
- 93) Health Council of the Netherlands: Committee on Noise and Health. Noise and Health [Geluid en gezondheid]. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1994; publication nr 1994/15E.
- 94) Health Council of the Netherlands: Committee on Risk Measures and Risk Assessment. Not all risks are equal. A commentary on Premises for Environmental Risk Assessment. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1995; publication nr 1995/06E.
- 95) Health Council of the Netherlands: Committee on Risk Measures and Risk Assessment. Risk is more than just a number. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1996; publication nr 1996/03E. See also: Passchier WF, Rey WC. Risk is more than just a number. *Risk Health, Safety Environ* 1997; 8(2): 107-14.
- 96) Health Council of the Netherlands: Committee on a Uniform Noise Metric. Assessing noise exposure for public health purposes [Omgevingslawaai beoordelen]. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1997; publication nr 1997/23E.
- 97) Goldstein BD, Demak M, Northridge M, Wartenberg D. Risk to groundlings of death due to airplane accidents: a risk communication tool. *Risk Anal* 1992; 12(3): 339-41.
- 98) Gramann J. The effects of mechanical noise and natural sound on visitor experiences in units of the National Park system. *Soc Sci Res Rev* 1999; 1(1): 1-16.
-

- 99) Grievink L, Zee S van der, Hoek G, *et al.* Modulation of the acute respiratory effects of winter air pollution by serum and dietary antioxidants: a panel study. *Eur Respir J* 1999. In press.
- 100) Groeneweg J. Controlling the controllable. The management of safety. Thesis. Leiden: DSWO Press. 1992; (Reeks Psychological Studies).
- 101) Guillet P, Germain MC, Giamonini T, *et al.* Origin and prevention of airport malaria in France. *Tropi Med Int Health* 1998; 3(9): 700-5.
- 102) Guski R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise Health* 1999; 3: 45-56.
- 103) Haines A, Smith R. Working together to reduce poverty's damage; doctors fought nuclear weapons, now they can fight poverty (editorial). *Br Med J* 1997; 529-30.
- 104) Haines MM, Stansfeld SA, Job RFS, Berglund B. Chronic aircraft noise exposure and child cognitive performance and stress. 7th International congress on noise as a public health problem. Volume 1 ed. Carter N, Job RFS. Sydney, Australia.
- 105) Hale AR. Regulating airports: the case of Schiphol. *Safety Science* 1999; in press (Report of NeTWork workshop on safety in rapidly changing technologies, Bad Homburg 1997).
- 106) Hamilton N, Bhatti T. Population health promotion. Ottawa: Health Canada, 1996.
- 107) Hartig T. Nature experience in transactional perspective. *Landscape Urban Planning* 1993; 25: 17-36.
- 108) Hartig T. Testing restorative environments theory. Thesis, 1993. *Dissert Abstr Int*, 54, 08B. (University Microfilms No. 94-02, 422).
- 109) Hartig T, Evans GW. Psychological foundations of nature experience. In: Gärling T, Golledge RG, eds. *Behavior and environment: Psychological and geographical approaches* Amsterdam: North-Holland, 1993: 427-57.
- 110) Hartig T, Mang M, Evans G. Restorative effects of natural environment experiences. *Environ Behav* 1991; 23: 3-26.
- 111) Hartig T, Bök A, Garvill J, *et al.* Environmental influences on psychological restoration. *Scand J Psychol* 1996; 37: 378-93.
- 112) Hartwell SI, Jordahl DM, Evans JE, *et al.* Toxicity of aircraft de-icer and anti-icer solutions to aquatic organisms. *Environ Toxicol Chem* 1995; 14: 1375-86.
- 113) Hertz-Picciotto I. Epidemiology and quantitative risk assessment: a bridge from science to policy. *Am J Public Health* 1995; 484-91.
- 114) Hillestad R, Solomon K, Chow B, *et al.* Airport growth and safety; a study of the external risks of Schiphol airport and possible safety-enhancement measures. Santa Monica: European-American Centre for Policy Analysis, RAND, 1993.
- 115) Hisschemöller MJ, Midden CJH. De bestuurlijke vormgeving van de besluitvorming over de bouw van nieuwe kerncentrales in Nederland in het licht van de maatschappelijke acceptatie [Policy alternatives for deciding on new nuclear power plants in the Netherlands given the degree of societal acceptability]. Leidschendam: Ministerie VROM, 1989.
- 116) Holtgrave DR, Weber EU. Dimensions of risk perception for financial and health risks. *Risk Anal.* 1993; 13(5): 553-8.
-

- 117) Hollander AEM de. The Physical Environment, chemical factors. In: Public Health Status and Forecast report, part I: Health Status and Determinants an actualization. Bilthoven: RIVM, 1998.
- 118) Hong OS, Chen SP, Conrad KM. Noise induced hearing loss among male airport workers in Korea. *AAOHN J* 1998; 46(2): 67-75.
- 119) Huettner CH. Toward a safer 21st century. Aviation safety research, baseline and future challenges. NASA, 1996; (report NP 1997-12-231-IIQ).
- 120) Hygge S. The effects of combined noise sources on long-term memory in children aged 12-14 years. In Schick A, Klatte M. (eds) Contributions of psychological acoustics. Results of the Seventh Oldenburg symposium on psychological acoustics. 1997; 483-501.
- 121) Institute for Environment and Health. The Non-Auditory Effects of Noise. Leicester, UK. Institute for Environment and Health, 1997; (report R10).
- 122) Intergovernmental Panel on Climate Change. Aviation and the global atmosphere (summary for policy-makers). A Special Report of Working Groups I and III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. UNEP, 1999.
- 123) International Agency for Research on Cancer. Preamble to the IARC Monographs. Internet . 12-6-1997. Electronic Citation (Internet): <http://193.51.164.11/monoeval/preamble.html>, consulted 3-4-1998.
- 124) International Organization for Standardization. The Magical Demystifying Tour of ISO 9000 and ISO 14000. Internet <http://www.iso.ch/9000e/magical.htm>, last updated June 23, 1999, consulted July 11, 1999.
- 125) Ising H, Babisch W, Kruppa B, Lindthammer A, Wiens D. Subjective work noise: A major risk factor in myocardial infarction. *Soz Präventivmed* 1997; 42: 216-22.
- 126) Ising H, Babisch W, Kruppa B. Acute and chronic noise stress as cardiovascular risk factors. Berlin: Federal Environmental Agency, 1998.
- 127) Ising H, Babisch W, Gunther T. Work noise as a risk factor in myocardial infarction. *J Clin Bas Cardiol* 1999; 2: 7-11.
- 128) Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: Results of noise effect experiments in the Institute for Water- Soil- and Air Hygiene. *Noise Health*. 1999; in print.
- 129) Jammes Y, Delpierre S, Devolgo MJ, *et al.* Long-term exposure of adults to outdoor air pollution is associated with increased airway obstruction and higher prevalence of bronchial hyperresponsiveness. *Arch Environ Health* 1998; 53(6): 3720-1.
- 130) Job RFS. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ Int* 1996; 22(1): 93-104.
- 131) Job RFS. Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise Health* 1999; 3: 57-68.
- 132) Kaplan R. Nature at the doorstep: residential satisfaction and the nearby environment. *J Architec Plan Res* 1985; 2: 115-27.
- 133) Kaplan R, Kaplan S. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- 134) Kaplan GA, Lynch JW. Editorial: Whither studies on the socio-economic foundations of public health. *Am J Public Health* 1997; 87: 1409-11.
-

- 135) Karsner D. Aviation and airports. The impact on the economic and geographic structure of American cities, 1940s-1980s. *J Urban Hist* 1997; 23(4): 405-36.
- 136) Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, *et al.* Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European approach. Br Med J* 1997; 314: 1658-63.
- 137) Kawachi I, Kennedy BP, Lochner K, *et al.* Social capital, income inequality, and mortality. *Am J Public Health* 1997; 87: 1491-8.
- 138) Kinney PL, Özkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County. *Environ Res* 1991; 54: 99-120.
- 139) Kind P. The EuroQoL instrument: an index of health-related quality of life. In: Spilker B, ed. *Quality of life and pharmacoeconomics in clinical trials*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1996.
- 140) KLM. Environmental Annual Report 98/99. Amstelveen: KLM Royal Dutch Airlines, 1999; Internet:<http://about.klm.com/CorporateInformation/AnnualReports.asp>, consulted 16-07-1999.
- 141) Knopf RC. Human behavior, cognition, and affect in the natural environment. In: Stokols D, Altman I, eds. *Handbook of environmental psychology: Vol. 1*. New York: John Wiley, 1987: 783-825.
- 142) Knudsen S. *Vurdering av Luftforurensning ved oslo Lufthaven Fornebu, Sommeren 1989*. Lillestrom, Norway: NILU, 1990.
- 143) Koren HS, Utell MJ. Asthma and the environment (meeting report). *Environ Health Perspect* 1997; 105: 534-7.
- 144) Kraus N, Malmfors T, Slovic P. Intuitive toxicology: expert and lay judgments of chemical risks. *Risk Anal* 1992; 12: 215-32.
- 145) Krause SS. *Aircraft Safety: Accident Investigations, Analyses, and Applications*. 1996.
- 146) Kryter KD. *The effects of noise on man*. Orlando: FL Academic, 1983: 482.
- 147) Krämer U, Koch T, Ranft U, *et al.* Traffic-related air pollution is associated with atopy in children living in urban areas. *Epidemiology* 1999. (In Press).
- 148) Kuo FE, Bacaicoa M, Sullivan WC. Transforming inner-city landscapes. *Environ Behav* 1998; 30(1): 28-59.
- 149) Lanciani P, La Verde R, Losani F, *et al.* Il trattamento fisiochinesiterapico nella prevenzione della cervicodiscartrosi del personale elicotterista. *Minerva Med* 1983; 74(32-33): 1907-10.
- 150) Lende R van der, Kok TJ, Peset Reig R, *et al.* Decreases in VC and FEV1 with time: indicators for effects of smoking and air pollution. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1989; 17: 775-92.
- 151) Lercher P, Schmitzberger R, Kofler W. Perceived traffic air pollution, associated behaviour and health in an alpine area. *Sci Total Environ* 1995; 169: 71-4.
- 152) Lindberg E, Hartig T, Garvill J, *et al.* Residential-location preferences across the life-span. *J Environ Psychol* 1992; 12: 187-98.
- 153) Lipfert FW. Air pollution and human health: perspectives for the '90s and beyond. *Risk Anal* 1997; 17: 137-46.
-

- 154) Longhurst JWS. Systematic solutions for airport air quality. Paper presented at 'Ecology and Transport: solutions and strategies for reducing the negative effects of traffic on the environment'. Gothenburg, November 1990.
- 155) Longhurst JWS, Raper DW. The impact of aircraft and vehicular exhaust emissions on airport air quality. Paper presented at the International Civil Airports Association Seminar 'Aircraft noise and air pollution: the impact on airport capacity', Brussels, 5-7 February 1990. Brussels: ICAA.
- 156) Longhurst JWS, Rapper DW, Conlan DE. Local and regional air quality impacts of airport operations. *Environmentalist* 1996; 16(2): 63-90.
- 157) Luna TD, French J, Mitcha JL. A study of USAF air traffic controller shiftwork: sleep, fatigue, activity, and mood analyses. *Aviat Space Environ Med* 1997; 68(1): 18-23.
- 158) Lynch JW, Krause N, Kaplan GA, *et al.* Workplace demands, economic reward, and progression of carotid atherosclerosis. *Circulation* 1997; 96: 302-7.
- 159) Lynch JW, Krause N, Kaplan GA, *et al.* Workplace conditions, socio-economic status, and the risk of mortality and acute myocardial infarction: the Kuopio Ischemic Heart Disease Risk Factor Study. *Am J Public Health* 1997; 87: 617-22.
- 160) Mackenbach JP, Kunst AE, Cavelaars EJM, *et al.* Socioeconomic inequalities in morbidity and mortality in western Europe. The EU Working Group on Socioeconomic Inequalities in Health. *Lancet* 1997; 349: 1655-9.
- 161) Mackenbach JP, Verkleij H, eds. Public Health Status and Forecasts Report 1997, Health differences (in Dutch). National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven. Maarsen: Elsevier/De Tijdstroom, 1997.
- 162) Marra M, Fischer PH. Traffic and respiratory health, a review. Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment, 1999. (Draft report).
- 163) Maschke C, Ising H, Hecht K. Schlaf- nachtlichter Verkehrslärm - Stress - Gesundheit: Grundlegen und aktuelle Forschungsergebnisse. Teil II Bundesgesundheitsblatt 1997; 3: 86-95.
- 164) Maschke C, Harder J, Ising H, Hecht K, Balzer HU, Thierfelder W. Stress hormone changes in persons under chronic night noise exposure. *Noise Health* 1999; (in print).
- 165) Matschke RG, Posselt C, Veit I, *et al.* Elektronische Lärmkompensation zur Verbesserung des Sprachverständnisses bei Luftfahrzeugführern. *Laryngorhinootologie*. 1989; 68(2): 101-9.
- 166) McDonald N. Deriving organisational principles for safety management systems from the analysis of aircraft ramp accidents. In: Hale AR, Wilpert B, Freitag M, editors. After the event. From accident to organisational learning. Pergamon, 1997: 95-111.
- 167) Mericas D, Wagoner B. Balancing safety. *Water Environ Tech* 1994; 12: 38-43.
- 168) Municipal Health Service Amstelland-de Meerlanden. Respiratory complaints. In: Report of general physician registry Amstelland-de Meerlanden, registration year 1993-1994, 1995.
- 169) Miedema HM, Vos H. Exposure-response relationships for transportation noise. *J Acoust Soc Am* 1998; 104(6): 3432-45.
- 170) Miedema HME, Vos H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *J Acoust.Soc Am* 1999; [In Press].
-

- 171) Mills PK, Abbey DE, Beeson WL, *et al.* Ambient air pollution and cancer in California Seventh Day Adventists. *Arch Environ Health* 1991; 46(5): 271-80.
- 172) Morrell S, Taylor R, Lyle D. A review of health effects of aircraft noise. *Aus NZ J Public Health* 1997; 21: 221-36.
- 173) Murray CJL, Chen LC. Understanding morbidity change. *Popul Develop Rev* 1992; 18: 481-503.
- 174) Murray CJL. Rethinking DALYs. In: Murray CJL, Lopez AD, eds. *The global burden of disease; a comprehensive assessment of mortality and disability from disease, injury, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Global burden of disease and injury series, volume I.* Harvard University Press, 1996.
- 175) Nakatsuka H, Watanabe T, Ikeda M, *et al.* Comparison of health effects between indoor and outdoor air pollution in northeastern Japan. *Environ Int* 1991; 17: 51-9.
- 176) National Institute of Public Health and The Environment. *National Environmental Outlook 1997-2020 (backgrounds).* Alphen a/d Rijn: Samsom HD Tjeenk Willink bv, 1997 (in Dutch).
- 177) National Institute of Public Health and The Environment. *Schiphol binnen milieugrenzen; beoordeling van de groeimogelijkheden op Schiphol binnen de PKB-randvoorwaarden voor geluid en externe veiligheid voor de periode tot 2020. [Schiphol, growth within environmental standards].* Bilthoven: RIVM, 1998; (report nr 408130004) (in Dutch).
- 178) National Resources Defense Council. *Flying off course. Environmental impacts of America's airports.* New York: NRDC, 1996.
- 179) Nero G, Black JA. Hub-and-spoke networks and the inclusion of environmental costs on airport pricing. *Transpn Res-D* 1999; 3(5): 275-96.
- 180) Nichols TP, Leinster P, McIntyre E, *et al.* A survey of air pollution in the vicinity of Heathrow airport London. *Sci Total Environ* 1981; 19: 285-92.
- 181) Nitsche V, Gottman A. Air pollution studies at Düsseldorf Airport. In: Raper DW, Longhurst JWS, eds, *Air pollution and the aviation industry. Report of seminar held at Manchester Airport, 11-12 June 1990,* Manchester.
- 182) Nitta J, Sato T, Nakai S, *et al.* Respiratory health associated with exposure to automobile exhaust. I. Results of cross-sectional studies in 1979, 1982 and 1983. *Arch Environ Health* 1993; 48: 530-58.
- 183) Nord E. Methods for quality adjustment of live year. *Soc Sci Med* 1992; 34: 559-69.
- 184) Olshanski SJ, Rudberg MA, Carnes BA, *et al.* Trading of longer life for worsening health. *J Aging Health* 1991; 3: 194-216.
- 185) Oosterlee A, Drijver M, Lebrecht E, *et al.* Chronic respiratory symptoms in children and adults living along streets with high traffic density. *J Occup Environ Med* 1996; 53: 241-7.
- 186) Orians GH, Heerwagen JH. Evolved responses to landscapes. In: Barkow JH, Cosmides L, Tooby J, eds. *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture* Oxford: Oxford University Press, 1992: 555-79.
- 187) Ostro B, Chesnut L. Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in the United States. *Environ Res* 1998; 76: 94-106.
- 188) Ozonoff D. Conceptions and misconceptions about human health impact analysis. *Environ Impact Assess Rev* 1994; 14: 499-515.
-

- 189) Parsons R, Tassinary LG, Ulrich RS, *et al.* The view from the road: implications for stress recovery and immunization. *J Environ Psychol* 1998; 18: 113-40.
- 190) Passchier-Vermeer, W. Noise and Health [Geluid en gezondheid]. Review. The Hague: Health Council of the Netherlands, 1993; publication nr A93/02E.
- 191) Patrick DL, Erickson P. Concepts of health-related quality of life and types of health-related quality of life assessments. In: Patrick DL, Erickson P, eds. *Health and policy: allocating resources to health care*. New York: Oxford University Press, 1993.
- 192) Pearce N. Traditional epidemiology, modern epidemiology and public health. *Am J Public Health* 1996; 86: 678-83.
- 193) Peterse A, Hoppe R. Argumentatieve beleidsanalyse toegepast op het debat over Schiphol's vluchtregime tussen 06:00 en 07:00 uur [Argumentative Policy Analysis Applied: The Debate on Schiphol Airport's flight regime between 06.00 - 07.00 hrs.]. In Hoppe R, Peterse A, editors. *Bouwstenen voor argumentatieve beleidsanalyse [Building Stones for Argumentative Policy Analysis]*. Den Haag: Elsevier; 1999; 221-60.
- 194) Piers M, Loog MP, Giesberts MKH, *et al.* The development of a method for the analysis of societal and individual risk due to aircraft accidents in the vicinity of airports. Amsterdam: National Aerospace Laboratory NLR The Netherlands, 1993; (NRL Contract Report CR 93372 L).
- 195) Pillard DA. Comparative toxicity of formulated glycol deicers and pure ethylene and propylene glycol to *Ceriodaphnia Dubia* and *Pimephales Promelas*. *Environ Toxicol Chem* 1995; 14: 311-5.
- 196) Pope CA, Dockery DW, Schwartz J. Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhalation Toxicol* 1995; 7: 1-18.
- 197) Porter N, Flindell IH, Berry BF. Health effect-based noise assessment methods: a review and feasibility study. Teddington, Middlesex, UK: National Physical Laboratory, 1998; NPL report CMAM 16.
- 198) Pukkala E, Auvinen A, Wahlberg G. Incidence of cancer among Finnish airline cabin attendants, 1967-92. *Br Med J* 1995; 311(7006): 649-52.
- 199) Raizenne M, Neas LM, Damokosh AI, *et al.* Health effects of acid aerosols on North American children: pulmonary function. *Environ Health Perspect* 1996; 104(5): 506-14.
- 200) Ranter H, Lujan FI. Aviation safety network: statistics. World Wide Web. 5-1-1999. <http://aviation-safety.net/statistics/index.html>. Consulted: 27-1-1999. (Het 'Aviation Safety Network' vermeldt alleen informatie over ongevallen en veiligheid van zogenoemde airliners. Dit zijn vliegtuigen die zijn gebouwd na de Tweede Wereldoorlog en in passagiersuitvoering meer dan 19 personen kunnen vervoeren. De uitzondering op deze regel vormen de vliegtuigtypes Curtiss C-46 en Douglas DC-3 die beide dateren van voor WO II. In totaal gaat het om 150 vliegtuigtypes. De Accident Database omvat alle voorvallen waarbij het vliegtuig onherstelbaar beschadigd raakte. Ook voorvallen waarbij het vliegtuig aan de grond werd beschadigd door weersomstandigheden (wervelstormen, sterke wind, overstromingen), sabotage of oorlogshandelingen behoren hiertoe. Het gegevensbestand is voor de meeste vliegtuigen compleet waar het voorvallen met verlies van de romp betreft. Zo zijn volgens de bestandbeheerders vermoedelijke alle ongevallen in de voormalige Sovjet Unie gedurende de 'Koude Oorlog' in het bestand opgenomen. De geregistreerde ongevallen komen overeen met die in rapportages van de ICAO, verzekeringsmaatschappijen

en vliegtuigfabrikanten. *Bronnen*: Het merendeel van de informatie op de Internet-pagina's van het Aviation Safety Network is afkomstig uit officiële bronnen (overheden, raden voor veiligheid). De basis van het gegevensbestand wordt gevormd door productielijsten van vliegtuigen, de Aircraft Accident Digests van de ICAO (gepubliceerd sedert 1952), rapportages van de National Transport Safety Board (USA), etc.)

- 201) Reijneveld SA. The impact of the Amsterdam Aircraft disaster on reported annoyance by aircraft noise and on psychiatric disorders. *Int J Epidemiol* 1994; 23: 333-40.
- 202) Renn O. Mental health, stress and risk perception: insights from psychological research. in *Health impacts of large releases of radionuclides (Ciba Foundation Symposium 203)*. Chichester: Wiley, 1997: 205-31.
- 203) Riley, B. *Flyers Beware: Pesticide Use on International and U.S. Domestic Aircraft and Flights*. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. 1998.
- 204) RIVM. *Leefomgevingsbalans, voorzet voor vorm en inhoud [Attributes of the physical environment, a proposal]*. Bilthoven: RIVM, 1998; (report 408504001).
- 205) Romieu I, Meneses F, Ramirez M, *et al.* Antioxidant supplementation and respiratory functions among workers exposed to high levels of ozone. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 158: 226-32.
- 206) Royal L, McCoubrey I. International spread of disease by air travel. *Am Fam Physician* 1998; 40(5): 129-36.
- 207) Ruwaard D, Kramers PGN, Berg Jeths A van den, *et al.* *Public Health Status and Forecasts, the health status of the Dutch population over the period 1950-2010*. The Hague: SDU Uitgeverij, 1994.
- 208) Ruwaard D, Kramers PGN. *Public health status and forecasts report 1997. Health prevention and health care in the Netherlands until 2015*. Bilthoven/Maarssen, the Netherlands: National Institute of Public health and the Environment, Elsevier/de Tijdstroom, 1998.
- 209) Samel A, Wegmann HM, Vejvoda M. Aircrew fatigue in long-haul operations. *Accid Anal Prev* 1997; 29(4): 439-52.
- 210) Saracci R. The World Health Organization needs to reconsider its definition of health. *Br Med J* 1997; 314: 1409-10.
- 211) Sax NI, Lewis RJ, eds. *Hazardous Chemicals Desk Reference*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1987.
- 212) Sociaal en Cultureel Planbureau. *Social and Cultural Report 1996*. Rijswijk: Sociaal en Cultureel Planbureau, 1996.
- 213) The effects of aircraft engine exhaust gases on the environment. *Int J Environ Pollut* 1997; 8: 148-57.
- 214) Shaw E. Noise environments and the effect of community noise exposure. *Noise Control Engin* 1996; 44(3, May-June): 109-19.
- 215) Shore RE. Epidemiologic data in risk assessment - imperfect but valuable. *Am J Public Health* 1995; 85: 474-5.
- 216) Sjöberg L, Drottz-Sjöberg B-M. Risk perception. In: *Radiation and society: comprehending radiation risk. Proceedings of an International Conference in Paris, 24-28 October. 1994; Vol I*. Wenen: Intern.
- 217) Sjöberg L. Perceived risk and public confidence. In: *The societal aspects of decision making in complex radiological situations*. Paris: Nuclear Energy Agency, OECD, 1998: 75-96.
-

- 218) Skrebnev SV, Krylov IV, Vorob'ev OA, *et al.* Problema tugoukhosti u spetsialistov inzhenerno-aviatsionnoi sluzhby (professional'nye i ekologicheskie aspekty). [Problems of hearing loss in aviation engineers (professional and ecological aspects)] *Vestn Otorinolaringol* 1997; (2): 9-12.
- 219) Sparks PJ, Simon GE, Katon WJ, *et al.* An outbreak of illness among aerospace workers. *West J Med* 1990; 153(1): 28-33.
- 220) Spicer CW, Holdren MW, Riggin RM, *et al.* Chemical composition and photochemical reactivity of exhaust from aircraft turbine engines. *Ann Geophysicae* 1994; 12: 944-955.
- 221) Spirtas R, Stewart PA, Lee JS, *et al.* Retrospective cohort mortality study of workers at an aircraft maintenance facility. I. Epidemiological results. *Br J Ind Med* 1991; 48(8): 515-30.
- 222) Spix C, Anderson HR, Schwartz J, *et al.* Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of APHEA study results. *Air Pollution and Health: a European Approach*. *Arch Environ Health* 1998; 53: 54-64.
- 223) Staatsen BAM, Franssen G, Doornbos G, *et al.* Health Impact Assessment Schiphol (in Dutch). Bilthoven: RIVM, 1993.
- 224) Staatsen BAM, Franssen EAM, Lebret E. Health Impact Assessment Schiphol Airport [Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol.]. Bilthoven: RIVM, 1994; (RIVM Rapport 441520003).
- 225) Staatsen BAM, Doornbos G, Franssen EAM *et al.* Gebruik van ziekenhuisgegevens voor het beschrijven van ruimtelijke patronen in ziekte rondom Schiphol [Usefulness of hospital data to characterise geographical disease patterns in the Amsterdam Schiphol region]. Bilthoven: RIVM, 1998; (RIVM Rapport 441520009).
- 226) Stallen PJM. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise Health* 1999; 3: 69-79.
- 227) Stallen PJM, Smit PWM. Omgaan met geluidhinder van luchtvaart: een pluriforme aanpak [Aircraft noise annoyance policy: a pluriform approach]. Den Haag: Ministerie van Verkeer & Waterstaat, Rijksluchtvaartdienst, 1999.
- 228) Steinheider B, Both R, Winneke G. Field studies on environmental odors inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. *J Psychophysiology (Suppl)* 1998; 64-79.
- 229) Stewart PA, Lee JS, Marano DE, *et al.* Retrospective cohort mortality study of workers at an aircraft maintenance facility. II. Exposures and their assessment. *Br J Ind Med* 1991; 48(8): 531-7.
- 230) Stouthard MEA, Essink-Bot ML, Bonsel GJ, *et al.* Disability weights for diseases in the Netherlands. Rotterdam: Dept. of Public Health, Erasmus University, 1997.
- 231) Sunyer J, Spix C, Quenel P, *et al.* Urban air pollution an emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA project. *Thorax* 1997; 52: 760-5.
- 232) Tabeau E. Human longevity in the future; the Dutch perspective. The Hague: Netherlands Interdisciplinary Demographic Institute, 1996; (working paper no. 1996/2).
- 233) Tarnopolski A, Watkins G, Hand DJ. Aircraft noise and mental health: prevalence of individual symptoms. *Psychol Med* 1980; 10: 683-98.
- 234) Tashkin DP, Detels R, Simmons M, *et al.* The UCLA population studies of chronic obstructive respiratory disease, XI: impact of air pollution and smoking on annual change in forced expiratory volume in one second. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 1209-27.
-

- 235) Taylor SM. Noise as a population health problem. Christchurch, New Zealand: Internoise, 1998.
- 236) Tesseraux I, Mach B, Koss G. Flugzeugtreibstoffe und Flugzeugemissionen. Eine Risikocharakterisierung für Flughafenanwohner am Beispiel des Hamburger Flughafens [Aviation fuels and aircraft emissions – risk characterisation based on data of the Hamburg airport.] *Zbl Hyg Umweltmed.* 1998; 201: 135-151.
- 237) Thayer RL, Freeman CM. Altamont: Public perceptions of a wind energy landscape. *Landscape Urban Planning* 1987; 14: 379-398.
- 238) Thompson SJ. Non-auditory health effects of noise. An updated review. *Proc. Internoise 1996*; IV: 2177-2182.
- 239) TNO & RIVM. Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol, resultaten van een vragenlijstonderzoek [Annoyance, sleep disturbance and perception of the environment in the Schiphol area; result of a questionnaire study]. Bilthoven, Leiden: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) & Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO). 1998; (RIVM: 441520010; TNO: 98.039).
- 240) Tomei F, Papaleo B, Baccolo TP, *et al.* Esposizione cronica a rumore e apparato cardiovascolare in piloti di aeromobili. *Med Lav* 1996; 87(5): 394-410.
- 241) Tomkins J, Topham N, Twomey J, *et al.* Noise versus access: the impact of an airport in an urban property market. *Urban Studies* 1998; 35(2): 243-58.
- 242) Touloumi G, Katsouyanni K, Smirou D, *et al.* Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Epidemiol* 1997; 146: 177-85.
- 243) Tunnicliffe WS, O'Hickery SPO, Fletcher TJ, *et al.* Pulmonary function and respiratory symptoms in a population of airport workers. *Occup Environ Med* 1999; 56: 118-23.
- 244) Tweede Kamer. Omgaan met risico's; de risicobenadering in het milieubeleid. [Premises for environmental risk management]. Bijlage bij het Nationaal Milieubeleidsplan [Annex to the National Environmental Policy Plan]. Den Haag: SDU Uitgevers. 1989; Handelingen Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21137 nr 5.
- 245) Ulrich RS. Natural versus urban scenes, some psychophysiological effects. *Environment and Behavior* 1981; 13(5): 523-56.
- 246) Ulrich RS. Aesthetic and affective response to natural environment. In: Altman I, Wohlwill JF, eds. *Human behavior and environment: Advances in theory and research. Vol. 6: Behavior and the natural environment.* New York: Plenum, 1983: 85-125.
- 247) Ulrich RS. View through a window may influence recovery from surgery. *Science* 1984; 224: 420-1.
- 248) Ulrich RS, Simons RF, Losito BD, *et al.* Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *J Environ Psychol* 1991; 11: 201-30.
- 249) Ulrich RS. Biophilia, biophobia and natural landscapes. In: Kellert SR, Wilson EO, eds. *The biophilia hypothesis.* Washington DC: Island Press/Shearwater Books, 1993; 3: 73-137.
- 250) Ulrich RS, Lundén O, Eltinge JL. Effects of exposure to nature and abstract pictures on patients recovering from open heart surgery. *J Soc Psychophysiol Res* 1993; 30(Suppl 1): S7-S7.
- 251) US Federal Register 1989; 54(12) Thursday, January 19, 1989; US Federal Register 1992; 57 (114) Friday June 12.
-

- 252) Verweij M. Preventive medicine. Between obligation and aspiration. (Dissertation). Utrecht: University of Utrecht, 1998.
- 253) Vincent R, Poirot P, Subra I, *et al.* Occupational exposure to organic solvents during paint stripping and painting operations in the aeronautical industry. *Int Arch Occup Environ Health* 1994; 65(6): 377-80.
- 254) Vining J, Daniel TC, Schroeder HW. Predicting scenic values in forested residential landscapes. *J Leisure Res* 1984; 16: 124-35.
- 255) Visser O, Wijnen JH van, Benraadt J, *et al.* Incidentie van kanker in de omgeving van Schiphol in 1988-1993 Cancer incidence in the vicinity of Amsterdam Schiphol in 1988-1993. *Ned Tijdschr Geneeskd* 1997; 141(10): 468-73.
- 256) Vlek CAJ. Beslissen over risico-acceptatie. [Decision making on risk acceptance]. Een psychologisch-besliskundige beschouwing over risicodefinities, risicovergelijking en beslissingsregels voor het beoordelen van de aanvaardbaarheid van riskante activiteiten. Den Haag: Gezondheidsraad, 1990; publicatie nr. A90/10.
- 257) Vlek CAJ. Understanding, accepting and controlling risks: a multistage framework for risk communication. *Eur Rev Appl Psychol* 1995; 45: 49-54.
- 258) Vlek CAJ, Skolnik M, Gatersleben B. Sustainable development and quality of life: expected effects of prospective changes in economic and environmental conditions. *Zeitschr Experiment Psychol* 1998; 45: 319-33.
- 259) Vliet P van, Knape M, Hartog J de, *et al.* Air pollution from road traffic and chronic respiratory symptoms in children living near major freeways. *Environ Res* 1997; 74: 122-32.
- 260) Walker WE, ed, *et al.* Een beleidsanalyse van infrastructuuropties met betrekking tot de Nederlandse burgerluchtvaart [A policy-analysis of the infrastructure options of civil aviation in the Netherlands]. Delft: RAND, European-American Center for Policy Analysis, 1997; (Rapport RE-97.01-VW/VROM/EZ. TNLI) [Future Netherlands Aviation Infrastructure].
- 261) Walker WE, ed, *et al.* Scenario's voor het evalueren van infrastructuuropties met betrekking tot de Nederlandse burgerluchtvaart [Scenarios for the assessment of infrastructure options with respect to Dutch civil aviation]. Delft: RAND, European-American Center for Policy Analysis, 1997; (Rapport RE-97.02-VW/VROM/EZ. TNLI) [Future Netherlands Aviation Infrastructure].
- 262) Watkins G, Tarnopolski A, Jenkins LM. Aircraft noise and mental health: II Use of medicines and health care. *Psychol Med* 1981; 11: 155-68.
- 263) Weiland SK, Mundt KA, Ruckmann A, *et al.* Self reported wheezing and allergic rhinitis in children and traffic density on street residence. *Ann Epidemiol* 1994; 4: 243-7.
- 264) Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid [Netherlands Scientific Council for Government Policy]. Duurzame risico's: een blijvend gegeven [Sustained Risks: a Lasting Phenomenon. Den Haag: SDU Uitgeverij, 1994 [English translation 1995]; (Rapporten aan de Regering 44).
- 265) Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid [Netherlands Scientific Council for Government Policy]. Public Health Care (in Dutch). Den Haag: SDU Uitgeverij, 1997.
-

- 266) Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid [Netherlands Scientific Council for Government Policy]. Ruimtelijke ontwikkelingspolitiek. [Physical planning policy; in Dutch]. Den Haag: WRR, 1998; (Rapporten aan de Regering 53/1998).
- 267) Willigenburg APP van, Franssen EAM, Lebrecht E, *et al.* Geneesmiddelengebruik als indicator voor de effecten van milieuverontreiniging: Een studie in de regio Schiphol. Universiteit Utrecht; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 1996.
- 268) Wilkinson RG. *Unhealthy Societies. The Afflictions of Inequality.* London: Routledge, 1996.
- 269) Wilkinson RG. Socioeconomic determinants of health. Health inequalities: relative or absolute material standards. *Br Med J* 1997; 314: 591-5.
- 270) Winneke G, Neuf M. Psychological response to sensory stimulation by environmental stressors: trait or state? *Appl Psychol Int Rev* 1992; 41(3): 257-67.
- 271) Wjst M, Reitmeir P, Dold S, *et al.* Road traffic and adverse effects on respiratory health in children. *Br Med J* 1993; 307: 509-600.
- 272) Wohlwill JF. What belongs where? Research on the fittingness of man-made structures in natural settings. *Landscape Research* 1979; 3(3): 3-5, 23.
- 273) Wohlwill JF, Harris G. Response to congruity or contrast for man-made features in natural-recreation settings. *Leisure Sci* 1980; 3: 349-65.
- 274) World Bank. *World Development Report 1993: Investing in Health – world development indicators.* New York: Oxford University Press, 1993.
- 275) World Health Organization. *International classification of impairments, disabilities and handicaps: a manual of classification relating to the consequences of disease,* Geneva: WHO, 1980.
- 276) World Health Organization. *Basic Documents.* 39th ed. Geneva: WHO, 1992.
- 277) World Health Organization. *Concern for Europe's Tomorrow: health and the environment in the WHO European Region.* Copenhagen: WHO European Center for Environment and Health. Stuttgart: Wiss Verl-Ges, 1994.
- 278) World Health Organization. *Update and revision of WHO air quality guidelines for Europe volume 6 - classical.* ICP EHH 018 VD96.2/11, 1996.
- 279) Zeger SL, Dominici F, Samet J. Harvesting-resistant estimates of air pollution effects on mortality. *Epidemiology* 1999; 10(2): 171-5.
- 280) Zemp E, Elsasser S, Schinler C, *et al.* Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). The SAPALDIA team. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159(4 Pt 1): 1257-66.
- 281) Zola IK. Medicine as an institution of social control. *Sociol Rev* 1972; 20: 487-504.
-

-
- A Committee membership
-
- B Literature
-
- C Case studies
Heathrow Airport Terminal 5
Munich Airport Franz Josef Strauss
Berlin Brandenburg International (BBI)
Lessons learned
-
- D Attributes of the physical environment
-
- E Concepts of health
-
- F Health and the social environment
-
- G Normen voor luchtkwaliteit
-
- H Health effects of noise
-
- I Categories of risk in the form of semantic images
-

Annexes

Committee membership

Committee

- P** dr JA Knottnerus— *chair*
Health Council Vice-president and Professor of Community Medicine, Universiteit Maastricht, the Netherlands
- P** dr HR Anderson
Professor of Epidemiology and Head of Department of Public Health Sciences Department, St George's Hospital Medical School, United Kingdom
- P** dr JG Ayres
Professor of Respiratory Medicine (University of Warwick) at the Birmingham Heartlands Hospital, United Kingdom
- P** dr B Berglund
Professor, Department of Perception and Psychophysics, University of Stockholm, Stockholm, Sweden
- P** dr B Brunekreef
Professor of Environmental and Occupational Health, Department of Environmental Sciences, Wageningen Agricultural University, the Netherlands
- P** dr BD Goldstein
Professor and chairman of the Department of Environmental and Community Medicine, Robert Wood Johnson Medical School and Director of the Environmental and Occupational Health Sciences Institute, New Jersey, USA
-

- P** dr A Hale
Professor of Safety Science, Safety Science Group, Delft University of Technology, the Netherlands
- P** dr T Hartig
Institute for Housing Research, Uppsala University, Sweden
- P** dr R Hoppe
Professor of Policy Studies and Policy Analysis, University of Twente, Enschede, the Netherlands
- P** prof H Ising
Professor, Umweltbundesamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin, Federal Republic of Germany
- P** dr E Lebet — *advisor*
National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands
- P** dr JP Mackenbach
Professor of Medical and Social Determinants of Public Health, Erasmus University Rotterdam, the Netherlands
- P** dr HME Miedema — *advisor*
TNO Prevention and Health, Leiden, the Netherlands
- P** dr MG Morgan
Professor in Engineering and Public Policy, Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA
- P** dr JJ Sixma
Health Council President and Professor of Haematology, University of Utrecht, the Netherlands
- P** dr S Stansfeld
Department of Psychiatry and Behavioural Sciences, University College Medical School, London, UK
- P** dr F Sturmans
Municipal Public Health Services Rotterdam and Professor of Epidemiology and Health Policy, Erasmus University Rotterdam, the Netherlands
- P** RS Ulrich
Professor of Architecture and Landscape Architecture, College of Architecture, Center for Health Systems and Design, Texas A&M University, College Station, TX, USA
- P** dr ir JP Visser
Hillegom, the Netherlands, previous Shell International BV, The Hague, the Netherlands
-

- P** dr CAJ Vlek
Professor of Environmental Psychology and Behavioural Decision Research,
Centre for Environmental and Traffic Psychology, University of Groningen, the
Netherlands
- P** dr G Winneke
Professor of Medical Psychology, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Medical
Institute of Environmental Hygiene, Division of Neurobehavioural Toxicology,
Germany

Additional workshop participants

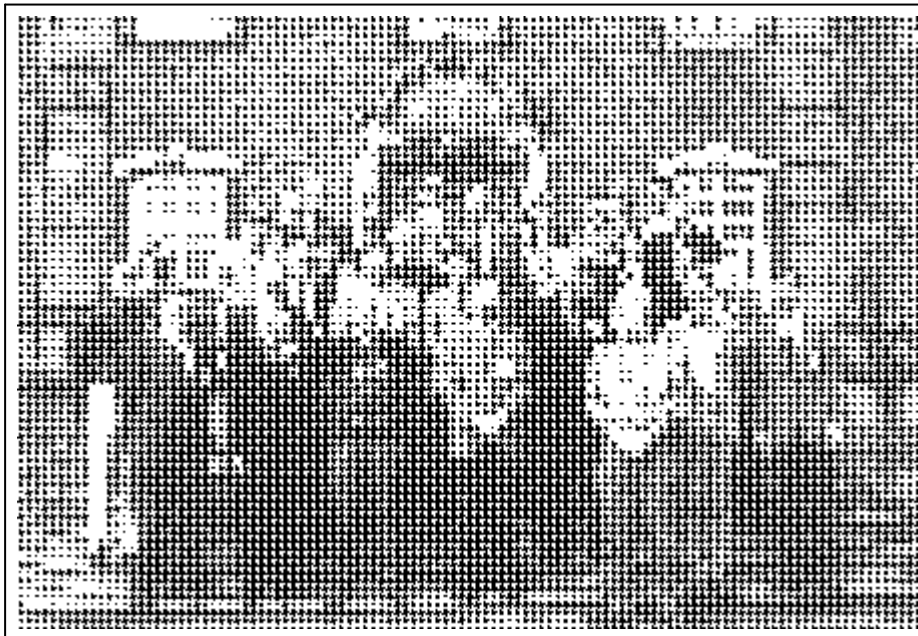
- P** dr B Armstrong
Senior Lecturer in Medical Statistics and Head, Environmental Epidemiology Unit,
United Kingdom
- P** dr B-M Drottz Sjöberg
Professor of Social Psychology, Institute of Psychology, Norwegian University of
Science and Technology, Trondheim, Norway
- P** dr DJ Ball
Professor of Risk Management, School of Health, Biological and Environmental
Sciences, Middlesex University, London, United Kingdom
- P** dr P Dempsey
Professor of Law, Director Transportation Law Program, University of Denver,
Denver, CO, USA
- P** M Haines
University College, London Medical School, Dept of Epidemiology and Population
Health, London, United Kingdom
- P** dr JM Fields
Silver Spring, MD, USA, and Visiting Professor, Faculty of Engineering, Kumamoto
University, Japan
- P** dr B Griefahn
University Professor, Institute for Occupational Physiology at the University of
Dortmund, Germany
- P** G Latowsky
JSI Center for Environmental Health Studies, Boston, MA, USA
- P** dr C Maschke
Robert Koch institut, Institut für Technische Akustik, Berlin, Germany
-

Staff

- P** dr H Albering, Department of Health Risk Analysis and Toxicology, Universiteit Maastricht, the Netherlands
- P** MFC van Kan, Health Council of the Netherlands
- P** dr WF Passchier, Health Council of the Netherlands and Professor of Risk Analysis, Department of Health Risk Analysis and Toxicology, Universiteit Maastricht, the Netherlands — *project director*
- P** ir IC Walda, Health Council of the Netherlands

Consultant

- P** AEM de Hollander, National Institute of Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands (Chapter 3 and Annex E and F, greatly profited of his working paper on Environment and Health for the Rolduc workshop).



The participants of the workshop in the Rolduc Abbey. Last row, from left to right: Visser, Sixma, Miedema, Anderson, ms Albering, ms Walda, de Hollander. Next row: Winneke, Ising, ms Griefahn, Mackenbach, ms van Kan, Ayres, Stansfeld. Next row: Armstrong, Fields, Ulrich, Lebret, ms Drottz-Sjöberg, ms Berglund, ms Haines. Next row: Hartig, Goldstein, Dempsey, Sturmans. Front row: Morgan, ms Latowsky, Hale, Knottnerus, Passchier, Ball, Vlek. Not on the photograph: Brunekreef, Hoppe and Maschke.

Literature

The staff consulted the following databases for literature on airports and public health:

Embase	Psycinfo	Compendex
Medline	DHSS Data	Flightline
Current Contents	Healthstar	Enviroline
Chemical Abstracts	CAB Health	Inspec Engineering
Biosis	Science Citation Index	NTIS
Pascal	CAB Abstracts	Pollution Abstracts
Elsevier Biobase	Biobusiness	IAC Aerospace
Toxline	Cancerlit Business Industry	Umweltliteraturdatenbank
IAC Health	Chemical Engineering Biotech Abstracts	Jist-Eplus (Jpn Sci Technol)

The searches were performed in September 1998. At later dates some additional searches were made for specific subjects, usually in MEDLINE, TOXLINE or PSYCHINFO. Keywords using in the various searches were:

tolytriazoles	aircraft	health impact
aircraft icing and anti-icing fluid(s)	airport(s)	kerosene
de-icing fluid(s)	mainport	malaria
anti-icing fluid(s)	airplane(s)	airportmalaria
cancer	aeroplane(s)	vibration

tolyltriazoles	aircraft	health impact
neoplasms	annoyance	safety
volatile organic compounds	noise effect(s)	infections
PAH	sleep disorders	TGV
polycyclic aromatic hydrocarbons	health	
emission(s)	health effect(s)	

Case studies*

Issue

Three major airports, one in the UK and two in Germany, were selected to evaluate the health issues connected with airport development. In the UK, the British Airport Authority (BAA) and Heathrow Airport Ltd proposed to build a fifth terminal (T5) at Heathrow Airport. One case study in Germany addresses Munich's newly built Franz Josef Strauss Airport. Berlin's Airport Schönefeld was selected as subject of the third case study. This airport will be expanded to become Berlin Brandenburg International (BBI) as the main airport for the Berlin-Brandenburg region.

Generally, the environmental effects of airport development are addressed by an environmental impact assessment (EIA), and the findings with proposals for mitigation are set out in an environmental statement (ES). In the UK, for major projects such as airport development (T5) a formal public inquiry as part of town and country planning legislation is usually held. The ES together with the planning applications are considered during the inquiry. In the case of Berlin, an environmental impact assessment will be carried out together with an assessment of the health impacts of noise and an assessment related to air quality, as part of the planning application process. The new Munich airport has been built without a formal environmental impact assessment. However, various studies related to the environment were carried out as part of the planning application process.

* The case studies report was prepared by dr HJ Albering of the Universiteit Maastricht, at the request of the Health Council.

Below the three case studies are described briefly. The focus is on the way health issues are being dealt with as part of the planning application process.

In all three cases views of airport representatives, authorities and environmental groups were gathered in person and by telephone. Information was also collected from the documentation submitted. The Heathrow case a particular wealth of documents available .

Heathrow Airport Terminal 5

Airport description

Heathrow airport is one of the busiest, international airports in the world. Stansted and Gatwick are two other major airports in the South East of England. The development of the airport began in 1944. In its first year of operation the airport handled 8000 air transport movements (atm)* and 60 000 passengers. At present, the airport handles over 430 000 atms and more than 58 million passengers and 1.2 million tonnes of cargo (BAA98a). The airport covers a site of 2.958 acres and is equipped with two parallel runways and one cross wind runway (used in certain high wind conditions), four passenger terminals and one cargo terminal. Heathrow's existing runways have the potential to accommodate 80 million passengers a year. However, the present terminal capacity is limited to 50 million (BAA98b).

At Heathrow, runways are used in an alternating fashion, in order to provide relief from noise disturbance to communities around the airport. Alternation applies only under westerly preference, *i.e.* when aircraft arrive from the east and takeoff to the west. Landing aircraft use one runway from 7 a.m. to 3 p.m. and the other runway from 3 p.m. to 11 p.m. The following week the pattern is reversed (DET98).

Case

According to the BAA, the owner and operator of Heathrow Airport, level of passengers that are expected to use Heathrow airport in the future will be beyond the capacity of the four terminals of the airport. To meet this demand a new terminal should be built. This new terminal is planned within the boundaries of the airport and should handle 30 million passengers a year. At the moment the site is used as a sludge works (BAA98b).

* An air transport movement is a landing or a takeoff of an aircraft. Each flight between two airports consists of two movements.

As suggested by BAA, the expansion of the airport with a new terminal does not necessitate the construction of another runway. Neither does it imply an increase in night flight quota, nor will it lead to more noise exposure in the vicinity of Heathrow than the exposure in the noise climate today. The use of larger aircraft will enable Heathrow to handle an extra 30 million passengers, with only a small increase in flights (about 8%). Furthermore, T5 does not require a change in the runway alternation system (BAA98c).

BAA Plc and Heathrow Airport Ltd submitted the Terminal 5-outline application on 17 February 1993. Subsequently a full application will be submitted, which contains detailed information such as location and design as required by the local planning authority of London Borough of Hillingdon (Inq98). Together with the T5 application BAA Plc and Heathrow Airport Ltd have submitted other planning applications related to T5 such as Highways and Transport and Works Act orders, which will be considered before the inquiry.

Planning application process, inquiry

For a major project in the UK, such as a new airport terminal, a formal public inquiry is usually held to hear the views from different parties including the general public. The aim of the public inquiry is to advise the Secretary of State for the Environment, Transport and the Regions on the significance of the arguments for and against the submission. The role of the Inquiry Inspector is to consider all the evidence presented at the inquiry, to write a report about that evidence, and recommend to the Secretary of State whether permission should be given or not. The final decision on the application rests with the Secretary of State. In the present case the Secretary of State for the Environment, Transport and Regions wants to be advised about the following issues; justification of the proposals in terms of air transport, development pressures and socio-economic impacts, land use policy, surface access, noise, air quality, public safety, fuel supply, construction, associated applications and conditions. Mitigation measures might be considered if this should be necessary (Inq98). The inquiry started on 16 May 1995 and ended in the spring of 1999.

The major parties involved in the inquiry include the developer, the local planning authorities, environmental groups such as West London Friends of the Earth, HACAN (Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise) and resident associations. At present the inquiry library contains more than 5000 documents.

Airport operations and health

Health was not a separate issue in the environmental impact assessments performed in relation to the T5-expansion. However, health impacts were considered, *inter alia* the change in the number of people annoyed by noise likely to result from the airport development was calculated (LAT97a). Air pollution was considered by comparing existing levels of air pollutants with the air quality standards (Dry99). Furthermore, a number of health related studies were submitted to the inquiry Inspector. These studies concerned noise and air pollution exposure, and public safety. Experts reviewed the relevant literature and gave evidence on behalf of major participants. In addition, health studies were carried out among the population in the surroundings of the airport on the initiative of the local authorities and of BAA.

For instance, a local health authority (HHA97) presented a qualitative report on the potential health implications of the airport with respect to noise, air quality, communicable diseases, major incidents and accidents. The local authorities asked the developer to undertake a health impact study as part of its environmental assessment obligations. However, the developer declined to do so and the inquiry inspector did not press the issue.

The local authorities have objected to the T5 proposals. The main objections were related to the noise environment around Heathrow airport. Much evidence was given on the impact of aircraft noise today, because the present noise levels were considered to be intolerable (HAC97c, LAH97a). However, at the inquiry the effects of additional noise exposure arising from the use of the proposed terminal is at stake. According to BAA, Terminal 5 will not make the noise problem any worse than it already is (BAA98c). The airport authority restricted its assessment of the existing noise exposure climate around Heathrow to that of annoyance among people exposed to equivalent noise levels above 57 dB(A) ($L_{Aeq,16h}$). The 57 dB(A) level emerged from an annoyance study around Heathrow in 1982 as indicating the onset of annoyance due to aircraft noise. In 1996, the population within the 57 dB(A) noise exposure contour was estimated to be 299 000 (DET98). Heathrow Airport has used noise contour maps generated by the Civil Aviation Authority as the standard method for monitoring and predicting the impact on the community of air noise from aircraft. Opponents to T5 discussed the validity of the 1982 study results for predicting effects today and the use of average contours for assessing and predicting the impact of noise on health (LAT97ab, HHA97, Sta99).

The population within the 57 dB(A) noise exposure contour has decreased over the last decades (DET98), but the number of noise related complaints is on the increase. Many local residents regard the intense frequency of overflights as the major problem.

The assessment used by BAA appears to underestimate the level at which many people become annoyed or impacted by aircraft noise.

The effect of noise on sleep is of serious concern to the people living near Heathrow airport (HAC97bc). Sleep quality as well as the amount of sleep may be impaired by noise. At Heathrow the night restriction regime was partly based on a field survey of sleep disturbance of people living around Heathrow, Gatwick, Stansted and Manchester airport (Oll92). No curfew period exists, but a movement limit and noise quota system is in operation between 11 p.m. and 7 a.m. In general 16 night flights per day are allowed (DET98). The night-time landings at Heathrow, especially those between 4 and 7 a.m., are a most significant source of noise complaints from local residents, mainly as a result of growth in traffic between 6 and 7 a.m. (DET98). The UK Government's Sleep Disturbance Study concluded that "once asleep, very few people living near airports are at risk of any significant sleep disturbance due to aircraft noise, even at the highest levels" (Oll92). This conclusion differs from the perception of people, thousands of whom complain about noise and sleep disturbance. The anti-noise group HACAN has strongly criticised the Sleep Disturbance Study (HAC97ac). Additional research into the effect of aircraft noise on sleep disturbance has been commissioned by the UK Government. As part of this research a field study at the Manchester airport will be performed (Por99).

A cross-sectional pilot study on the effects of chronic airport noise on school children's reading comprehension, long term memory and motivation was commissioned jointly by local authorities and health authorities around Heathrow (LAH97c); 340 school children participated in this study. Chronic exposure to aircraft noise did appear to influence children's reading ability and quality of life although the results were not consistent across all schools.

To assess the implications for human health likely to result from the effect of Heathrow Airport on air quality a study was commissioned by BAA (BAA98d). The diseases considered in this study were asthma, chronic bronchitis and emphysema, cancer of the respiratory tract, lymphatic and haematological cancers, leukaemia, myocardial infarction and ischaemic heart disease. This study showed no significant increase in the prevalence of chronic respiratory diseases within 4 to 5 km from the airport as compared with a control population in West London. However, no information was available about the exposure of air pollutants in the control population (HIL98). Over the one year period between the beginning of April 1997 and the end of March 1998, only 47 complaints related to air quality has been registered at the Heathrow Community Information Office (BAA98b).

Public safety has not been a key issue at the inquiry (Eva99, Dry99). Although, some evidence on the impact of health was presented by the local authorities (LAH98). Fear and anxiety about aircraft crashes appear to impact on quality of life and to contribute to stress. However, the data are limited. People in the vicinity of Heathrow airport did not participate in a study on attitudes to third party risk near UK airports (Eva99).

In general, aircraft noise is regarded to have the most significant impact on people living in the vicinity of the airport.

Public involvement

At Heathrow airport various groups are involved in stakeholder consultations about airport matters. Representatives from the local authorities, environmental groups, the airport and the airlines, consumer and tourism groups, constitute the Heathrow Airport Consolation Committee. Issues such as new development proposals, airport operation procedures and community complaints are discussed. A significant source of complaints by the local community are the early morning landings between 4 and 7 a.m. Recently, the perception of people of the impact of night time runway alternation was studied on behalf of the committee following a request from the local community (MVA97). Consultations also take place with local authority councilors. Furthermore, forums exist for citizens and community groups (Dry99).

Complaints are generally received and dealt with by the community information office of the airport. With respect to noise over the period between April 1997 and March 1998 the community information office received 3300 complaints. Of these 28.2% related to early morning flights (BAA98a).

References

- BAA98a BAA Heathrow, environmental performance report April 1997 - March 1998. Harlington, Middlesex: BAA, 1998.
- BAA98b BAA Environment and Community report 1997/1998. Harlington, Middlesex: BAA, 1998.
- BAA98c BAA. Internet: <http://www.baa.co.uk/>
- BAA98d Bridges J. Report on the effect of air pollution around Heathrow upon human health. Harlington, Middlesex: BAA, 1998.
- DET98 Night restrictions at Heathrow, Gatwick and Stansted. Second Stage Consultation. With options for changes to preferential use of Heathrow's runways at night. London: Department of the Environment, Transport and the Regions, 1998.
- Dry99 Dryland, personal communication in interview, 1999.
- Eva99 Evans, personal communication in interview, 1999.
-

- HAC97a Holland W. Proof of evidence. Noise and health. Richmond.: Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise, 1997.
- HAC97b Cox D. Proof of evidence. The implications of the policy of operating night flights at Heathrow for the Terminal 5 inquiry. Richmond: Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise, 1997.
- HAC97c Cox. D. Topic 5 Opening Statement to the public inquiry into a fifth terminal at Heathrow. Richmond: Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise, 1997.
- HIL98 Laxen D. Topic 6. Proof of Evidence. Air Quality impact of proposed T5 at Heathrow. London Boroughs of Hillingdon and Hounslow,.1998
- HHA97 Annual Public Health Report 1997. Heathrow and Health 1997. Yiewsley, West Drayton:. Hilligdon Health Authority, 1998.
- Inq98 Inquiry Secretariat, October 1998.
- LAH97a Gould J. Topic 5 air noise. Proof of Evidence Royal Borough of Windsor and Maidenhead. Local Authorities Heathrow Terminal 5 group, 1997.
- LAH97b Berglund B. Topic 5 air noise. Proof of Evidence. Local Authorities Heathrow Terminal 5 group, 1997.
- LAH97c Stansfeld S. Topic 5. Air Noise. The schools environment and health study. University College London. Local Authorities Heathrow Terminal 5 group, 1997.
- LAH98 Lamb D. Topic 7 Written Representations of Surrey County Council. Local Authorities Heathrow Terminal 5 group, 1998.
- MVA97 MVA Consultancy. Heathrow Runway Alternation Trial- Research Among Local Residents. Final Report. April 1997.
- Oll92 Ollerhead *et al.* Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance. Civil Aviation Authority, London, 1992.
- Por99 Porter, personal communication in interview, 1999
- Sta99 Stansfeld, personal communication in interview, 1999

Persons interviewed

- P** D Cox
Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise
Richmond, UK
- P** J Dryland
Planning and Environmental Director
British Airport Authority Heathrow
Harlington, UK
- P** A Evans
Centre for Transport Studies
University College London, UK
- P** I Flindell
Institute of Sound and Vibration Research
-

- University of Southampton
Southampton, UK
- P** T Gould
Head of Environmental Services
Royal Borough of Windsor and Maidenhead
- P** M Haines
Department of Epidemiology and Public Health
Medical School
University College London, UK
- P** W Holland
Heathrow Association for the Control of Aircraft Noise
Richmond, UK
- P** N Porter
Project Manager Environmental Studies
Department of Operational Research and Analysis
National Air Traffic Services LTD
London, UK
- P** J Ollerhead
Chief Aircraft Noise Adviser
Department of Operational Research and Analysis
National Air Traffic Services LTD
London, UK
- P** S Stansfeld
Department of Epidemiology and Public Health
Medical School
University College London, UK

Munich Airport Franz Josef Strauss

Airport description

Munich International Airport Franz Josef Strauss is the second largest air gateway in Germany. It was originally designed in 1992 to accommodate 15 million passengers per year, with the possibility to expand to 30 million passengers. In 1997, the airport handled a total of 256 000 aircraft movements and about 17.9 million passengers. There is a growing number of transfer passengers ('hub-function') (Mun98).

The airport appears to be a model of an "airport in the green" (Bre95). More than 70% of the airport grounds are green areas. The airport is situated in the comparatively

low-density population area Erdinger Moos, 30 km north-east of Munich. The airport has one terminal and two runways that can operate independently. Each runway is designed for takeoffs and landings once every two minutes.

Subsequent stages of growth provide for two more runways and an extra terminal. Approval to build the second terminal, that would add a capacity of 15 million passengers per year, has recently been given by the local authorities. In 2002, the new terminal will probably be opened (Mom97).

Case

The former Munich-Riem Airport was planned and built between 1936 and 1939. When the old airport opened in 1939 it had two runways, each 1800 m long, one terminal and an annual capacity of 100 000 passengers (Bre95). The old airport was unable to grow due to its location near to the inner city of Munich. The runway system could not be extended, because of the urban development in the region. Furthermore, the arrival and departure routes passed over densely populated areas of Munich. In the beginning of 1992, more than 11 million passengers and more than 160 000 commercial aircraft movements were handled at the old airport, even though this amount of traffic was beyond the airport's capacity.

A site selection for a new airport was carried out in the late 1950s, but it did not result in definite choice as the necessity for a new airport was not sensed at that time. However, the crash of a US Air Force aircraft near the centre of Munich in December 1960, triggered an extensive site selection (Bre95). The airport authority expected to finish the construction of the new airport before the Olympic Games in 1972 (Avi91).

In 1963, a committee evaluated 20 locations within a 40 km radius from the centre of Munich. The committee had to cope with various difficulties; the lake and forest district in the south, which has been designated as a recreational area, military airfields in the north-west, groundwater and fog problems in the north-east.

The Bavarian State Government, which was responsible for the approval of the airport, decided in 1966 and 1967 to examine two sites, Hofolding Forest south of Munich and Erdinger Moos, north-east of Munich. Based on navigational, land-use planning and cost aspects, Erdinger Moos was selected in 1969 as the location for the new airport (Bre95). During the spring of 1985 the Munich Airport Authority started with the construction of the new airport. The government of Germany (26%), the city of Munich (23%) and the Free State of Bavaria (51%) provided the funding.

Planning application process

In 1969, the Bavarian State Government selected Erdinger Moos as the site for the new airport. The regional authority (government of Oberbeiern) was responsible for the approval of the planning application. A health assessment ('Medizinisches Gutachten') of noise exposure, required by federal regulations, and a similar assessment related to air quality were prepared. The latter concentrated primarily on the influence of aircraft emissions on agricultural products. The effect of aircraft emissions on human health was evaluated by a comparison of expected exposure levels with relevant standards (Ren99).

Both people living at or near the location of the new airport and the local authorities were against the new airport. They believed that the character of their villages would change enormously and the quality of life for local residents would be reduced (Knu99).

The site selection and the implementation of plans for the new airport led to many state and federal court actions. A court-ordered temporary construction stop delayed the planning process by 4 years. In 1986, the airport obtained absolute court permission for construction to begin (Avi91). Later court actions dealt with other aspects related to the planning application process such as financial compensations for the local residents. Health was not a separate issue in the court sessions, but broad aspects of health, quality of life issues and the effects of noise (night flights) were raised (Ren99).

The present expansion of the airport with a second terminal did not trigger new assessments of environmental and health effects, because the second terminal was included in the approval procedure for the new airport.

Airport operations and health

In general, noise appears to be the dominant issue in debates about the environmental impact of the new airport. The airport authority did address this issue and put a lot of effort in noise reduction and noise monitoring measures. The airport is situated in a low-density population area. Besides, the configuration of the parallel runways and takeoff and landing procedures has contributed to the improvement of the noise climate (Bre95). At the airport a night curfew exists between midnight and 5 a.m. In total 38 aircraft movements per day are allowed between 10 p.m. and 6 a.m. The limit for night aircraft noise has been set at 6 nightly noise events with adjusted *SEL* levels of 75 dB(A)* or more outside. Furthermore, the airport has started phasing out operations by

* A measure used in Germany for aircraft noise exposure that forms the basis for the 'Störindex'.

Chapter 2 aircraft.* At present, about 98% of the air planes are Chapter 3 aircraft (Ren99).

The airport authority recognises that although the equivalent noise level is decreasing the number of complaints is not. At present, according to the airport authorities, noise complaints are often not related to noise levels or departure or arrival routes and therefore difficult to handle (Ren99).

The health impact of the operation of Munich airport has not been evaluated by the airport authorities, apart from the assessments provided as part of the approval procedures. No studies have been initiated into the health of the surrounding population.

Some aspects of the impact on health associated with chronic aircraft noise exposure around the Munich airport were studied by Evans and colleagues (Bul99a, Eva95,98, Hyg96,97, Mei97). This study was an initiative of the researchers and not carried out at the request of the local and airport authorities; it was not related to the approval procedures for the new airport. It was designed as a prospective longitudinal study to evaluate psycho-physiological (resting blood pressure, overnight levels of neuroendocrine hormones), cognitive (attention, reading, memory), motivational and quality of life effects of noise exposure in children aged 9-13. Before the inauguration in 1992 of the new airport, children at the old airport and at the new site were divided into one experimental and one control group. The children were matched according to their socio-economic status. In total 327 children were tested over a period of two years. The first measurements were carried out 6 months prior to the change over, followed by measurements 6 and 18 months after the change over.

The results showed minor, but statistically significant differences in quality of life indicators, motivational deficits, cognitive measures and an increase in psycho-physiological stress (except cortisol levels) measured over a two-year period in the new airport area. In the old airport area the same effects were present before the airport relocation, but two years after the closing of the airport these impairments had disappeared. A shortcoming of the study was that no data on individual noise exposures were available. The outcome of the study had no impact on the noise policy of the airport (Bul99b, Ren99).

Air quality, in and around Munich airport is continuously monitored by or on order of the Flughafen München GmbH (Bre95). Air quality is also measured by soil-survey, dry and wet deposition, fog, groundwater and a bio-indicator programme (Hop95). The main contributor to outdoor air pollution around Munich airport appears to be road traffic

* Chapter 2 aircraft meet the standards in Annex 16 vol. I, of the ICAO (International Civil Aviation Organization) convention, which are applicable to jet aircraft designed before October 1977. Chapter 3 contains more stringent standards applicable to aircraft designed after that date.

(Sch99). Levels of pollutants measured by the monitoring stations are very similar to those in the centre of Munich. Possible health impacts of air pollution do not appear to be a matter of concern for the general public, nor for the airport authority (Knu99, Ren99).

After the inauguration of the new airport in 1992, many of the complaints were related to the physical overhead presence of large aircraft, which lead to feelings of anxiety. People around the new airport were not familiar with aeroplanes. Landing aircraft may be a beautiful sight, but they also trigger worries about the adequacy of the procedures at the airport to preclude disasters (Knu99, Ren99). One of the present key issues of public concern appears to be the planned increase in night flights.

Public involvement

The airport has an aircraft noise commission, which acts as a link between the airport authority and the neighbouring vicinities. This commission is mandated by law. The aircraft noise commission consists of representatives of the airport and the airlines, the local, regional and federal authorities and anti-noise groups. At the biannual meetings of the commission issues such as departure routes, day and night protection areas, noise prevention programmes, new development proposals and community complaints are discussed.

The airport publishes a monthly report, dealing with issues such as the amount of air movements (category 2 or 3 aircraft), the results from the noise and air monitoring stations and the number and subjects of complaints. Complaints are recorded and dealt with by the local authorities (Government of Oberbeiern) and the airport itself.

References

- Avi91 Aviation Week and space technology. Germany struggles to meet airport needs. New Munich airport opening in 92 may be Germans last. 1991.
- Bre95 Brendlin K, Toepel W. The new Munich Airport. Proc Instn Civ Engrs Civ Engng 1995; 108: 150-159.
- Bul99a Bullinger M, Evans G, Meis M, Mackensen S, Hygge S. The psychological cost of aircraft noise of children. Arch Environ Health (in press).
- Bul99b Bullinger, personal communication in interview, 1999.
- Eva95 Evans G, Hygge S, Bullinger M. Chronic noise exposure and psychological stress. Psychological Science 1995; 6(6):333-338.
- Eva98 Evans G, Bullinger M, Hygge S. Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. Psychological Science 1998; 9(1): 75-77.
-

- Hop95 Hoppe J. Umweltmonitoring im Trinkwassereinzugsgebiet Freising. *Wasser-Abwasser* 1995; 136(9): 482-486.
- Hyg96 Hygge S, Evans G, Bullinger M. The Munich Airport noise study: cognitive effects on children from before to after the change over of airports. *Proceedings of Internoise 96*, Liverpool, 1996; 2180-2194.
- Hyg97 Hygge S. Chronic and acute noise effects on children. *Proceedings of Internoise 97*, Budapest, 1997; 977-980.
- Knu99 Knur, personal communication in interview, 1999.
- Mei97 Meis M. Zur wirkung von Lärm auf das Gedachtnis. München, Univ Diss, 1997.
- Mom97 Momberger, M. Munich: All set for a second terminal. *Airport International* 1997;March: 18-22.
- Mun98 Munich airport. Internet: <http://www.munich-airport.de>
- Ren99 Renz, personal communication in interview, 1999.
- Sch99 Schadl, personal communication in interview, 1999.

Persons interviewed

- P** M Bullinger
Department for Medical Psychology
University of Hamburg
Hamburg, Germany
- P** H Knur
Chair of the Schutzgemeinschaft Erdinger Nord, Freising und Umgebung
Mayor of Berglern,
Berglern, Germany
- P** E Renz
Environmental Department Manager
Munich International Airport
Munich, Germany
- P** J Schadl
Technical affairs of aviation, new transport technologies
Bavarian Ministry for Economic Affairs Transport and Technology
Munich, Germany

Berlin Brandenburg International (BBI)

Airport description

The current Berlin airport system consists of three airports: Tegel, Tempelhof and Schönefeld. Tempelhof airport is located in the centre of the city. Tegel airport is

located to the north-west of the city and was the West Berlin airport until the two parts of Germany were re-united in 1989. Air transportation to and from East Berlin was handled by Schönefeld airport located in the south of Berlin.

The three airports have quite different facilities. Tegel handles most traffic (8.7 million passengers in 1997). The airport is close to the limit of its capacity (Nie98). Tempelhof serves as the airport for regional traffic and registered 0.8 million passengers in 1997. Schönefeld is specialised in charter flights and reported 2.0 million passengers in the same year (Pro98).

In order to co-ordinate the operation of the three airports, the states of Brandenburg and Berlin and the federal government decided in 1991 to found Berlin Brandenburg Flughafen Holding (BBF). The holding decided to concentrate its activities on a new or single airport in the mid-term to be known as Berlin Brandenburg International (BBI). Initially, the new airport would be equipped with two runways and should be able to handle 18-20 million passengers in 2000, rising to more than 40 million in 2010. Further stages of development would include for two more runways (Hil92). However, in 1996 the decision was made to redevelop Schönefeld airport to become the single airport for the Berlin-Brandenburg region. The plan is to close Tempelhof and Tegel in 2002 and 2007, respectively.

The Schönefeld airport will be equipped with a new terminal and a second runway. The current runway will be lengthened. The two parallel runways can be operated independently. The area covers 1600 hectares. BBI should be capable of handling 20 million passengers by 2010 and, according to plan, will be inaugurated in 2007 (Tav97).

Case

With the fall of the Berlin Wall in November 1989, the unification in 1990 and the transfer of the federal government administration and parliament from Bonn to Berlin, the air traffic conditions around Berlin have drastically changed. The predicted number of passengers using Berlin Airports by 2000 is 18-20 million, which is beyond the capacity of the existing three airports (Hil92). Studies were performed to determine to what extent Tegel and Schönefeld could be developed and where to build a completely new airport (BBF93, BBF94).

Among the candidate sites that have been studied in more detail were the military air base at Sperrenberg, the agricultural region of Jütebog and Schönefeld-Süd.

The construction and operation of a new airport might result in effects on humans, nature and landscape that have to be evaluated by means of an environmental impact assessment. The effects of noise and air pollution have been taken into account by a comparison of predicted exposure levels with relevant standards (air quality) and by a

calculation of the number of people within certain noise contours. In Germany, 'adjusted' equivalent sound levels of 62, 67 and 75 dB(A) are of relevance. The corresponding noise contours were calculated according to statutory rules.

The decision in 1996, by the State of Berlin, the State of Brandenburg and the federal government to redevelop the existing facility of airport Schönefeld rather than to build a new international airport was made on political and financial considerations with technical and human health considerations being of minor importance (Hil96, Oth99).

Planning application process

As part of German legislation, planning application documents are required in order to expand Schönefeld airport with a second terminal and second runway. At the moment, the airport authority is preparing an environmental impact assessment (EIA). The airport authority will consider noise and pollutants emitted by aircraft, by the operation of airports themselves and by road and rail traffic to and from the airport (Pro98b). Furthermore, the effects on flora, fauna, soil, ground and surface water, climate and landscape will be evaluated. The available scientific evidence about the impact of noise (*i.e.* aircraft noise and ground noise) on human health (both physical and mental) will be evaluated in a detailed separate document ('medizinisches Gutachten'). The conclusions of the 'medizinisches Gutachten' are used as reference for the EIA. The health effects of noise pollution to be considered will include hypertension, heart disease, stress related disorders, behavioral and performance disturbance, impaired cognitive development and sleep disturbance. In addition, the quality of the outdoor air on human health (both mental and physical) will also be evaluated in a detailed separate document. The methodology for the assessment is based on the following steps: gathering of health and demographic data from the area that is potentially affected by air pollutants emitted by airport related activities, evaluating the existing air quality and performing a quantitative health risk assessment. The pollutants taken into account are nitrogen oxides (NO_x), carbon monoxide (CO), particulates (PM₁₀), particulates of soot, polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs), odour, benzene, ethyl benzene, toluene, xylene and hydrocarbons (Pro98b).

The airport authority will also evaluate the impact of airport development on nature and landscape, such as the loss of countryside or the reduced quality of enjoyment of the countryside. By law it is required that certain effects on nature and landscape will have to be 'repaired' by ecological compensation and substitution actions and these will be described in a landscaping supplementary plan as part of the planning application documents (Pro98b). In mid 1999, the planning application documents will be submitted to the competent authorities.

Airport operations and health

As mentioned above, the effects of the proposed new airport development on human health will be addressed by a health assessment of noise exposure and an air quality impact study as part of the planning application documents which are required by federal regulations. No further projects or studies related to population health in the communities surrounding the airport will be initiated by the local or the airport authorities (Kac99, Oth99). The local communities asked the airport authorities to undertake a full health impact study as part of their environmental assessment obligations (Kac99). However, as such an assessment is not an official requirement within a planning process, this request was not granted. In addition, the airport authority had no indication of a fundamental impact on human health on the surrounding population or that special predisposition of the population exists (Oth99).

The noise-climate is the most common concern of people living close to the airport (Kac99). At the airport no night curfew exists. The limit for night aircraft noise has been set on '6 x 75 dB(A)*'. For Chapter 2 aircraft a curfew exists between midnight and 6 a.m. The noise protection programme (soundproofing windows) for the neighbouring communities and noise monitoring programme will be expanded at the time the new airport will be developed (Ber98). To expand the airport Schönefeld, one village has to be relocated. There is some resistance from the local people to the relocation.

In addition to noise, gaseous emissions from aircraft are of concern among the public. The air quality will be monitored continuously by adjacent monitoring sites. Another concern within the community is the fear and anxiety induced by the possibility of aircraft crashes (Kac99). In 1998, an air security study for the airport extension was carried out, which investigated the security of the airport layout, the risk of aircraft crashes in the surrounding area of the new airport and effects of turbulence by planes on buildings (Oth99). The results of this study will be taken into account within the airport planning process. Third party safety is an issue that mainly will be addressed qualitatively.

The airport authorities will compensate the effects on nature and landscape by substitution measures. Furthermore, the airport authority plans to develop a commercial complex in front of the main terminal building with a 24-hours shopping mall and restaurants and hotels (Hil96). The airport authorities value this as a marketing tool and a means of airport promotion (Oth99).

* Noise levels are expressed as adjusted *SEL* values, a measure used in Germany for aircraft noise exposure that forms the basis for the 'Störindex'.

Public involvement

In Germany, the public is enabled to participate in the planning application process at the stage when the airport authority submits the planning application documents to the competent authorities. The developer and the competent authorities have defined the scope of the environmental impact assessment (Pro98a).

The airport has set up an information office to provide general information about the airport development process. Most questions and complaints concern noise and proprietary rights (Ber98).

References

- BBF93 Flughafen Berlin Brandenburg International (BBI). Informationen zur Antragskonferenz. Berlin Brandenburg Flughafen Holding GmbH (BBF), 1993.
- BBF94 Antragsunterlagen Raumordnungsverfahren. Flughafen Berlin Brandenburg International, 1994.
- Ber98 Berlin-Brandenburg International. Internet: http://www.berlin-airport.de/imt/main_a.html.
- Hil92 Hill L. Berlin's Dilemma. What to do about its 3 unevenly used airports. Should an entirely new one be built. *Air Transport World* 1992; 4: 58-60.
- Hil96 Hill L. Endless battle of Berlin. *Air Transport World* 1996; 9: 69-70.
- Kac99 Kaczmarczyk, personal communication in interview, 1999.
- Nie98 Nielsen H. Berlin: The saga continues. *Airports International* 1998; 3: 22-25.
- Oth99 Othmer, personal communication in interview, 1999.
- Pro98a Projektplanungs-Gesellschaft mbH Schönefeld. Informationen zum Projekt Single-Flughafen Berlin-Brandenburg International. Berlin, 1998.
- Pro98b Projektplanungs-Gesellschaft mbH Schönefeld. Unterrichtung über das Vorhaben und Vorschlag für den Untersuchungsrahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung nach §5 UVPG im Rahmen der Planfeststellung nach §8 LuftVG, Berlin, 1998.
- Tav97 Taverna M. Berlin OKs Airport Privatization New International Facility. *Aviation Week & Space Technology* 1997; 6: 147.

Persons interviewed

P J Baierova
Environmental Department Manager
Projektplanungsgesellschaft Schönefeld, mbH
Berlin, Germany

- P** W Kaczmarczyk
Chair of Bürgerbewegung Bohnsdorf
Rothberg, Germany
- P** Mrs Kaczmarczyk
Chair of Bürgerbewegung Berlin-Brandenburg e.V.
Rothberg, Germany
- P** H Othmer
Dornier System Consult
Flughafen Schönefeld
Berlin, Germany
-

Lessons learned

This study was targeted at the human health issues addressed in relation to three airport development plans in Europe

- P** Heathrow airport's proposal to build a fifth terminal (T5)
- P** the upgrading of Berlin's Schönefeld Airport with a second runway to become the major Berlin airport, and
- P** the recently completed new airport at Munich (Franz Josef Strauss).

In general, the environmental and some health effects are normally addressed through an environmental assessment. Moreover, in Germany health assessments ('medizinisches Gutachten') of noise and air pollutant exposure have to be performed and included in the application documents. A 'medizinisches Gutachten' provides an assessment of the potential health effects resulting from the airport development.

In the case of Heathrow, health was not a separate issue that was addressed in the environmental impact assessment procedures. However, a number of health based studies were submitted at the public inquiry into the proposed fifth terminal. Much evidence was given at the inquiry related to the environmental and health impact of Heathrow airport today.

In all three cases the developers appear to believe that the expansion of the existing airport or the construction of the new one does not have a major and long-lasting health impact on the population in the vicinity of the airport. The local authorities around Heathrow airport and the community groups around Berlin asked the developers to perform a health impact assessment at the planning stage. However, as such an assessment was not a legal requirement, the request was not granted by the developers.

Populations near Heathrow and Munich airport have been studied in some detail. In the case of Munich, additional studies were carried out related to the effect of chronic noise exposure and psychological stress on children. These studies had no influence on the decision making process related to the new airport. The health effects of aircraft noise on children have also been investigated around Heathrow airport. Furthermore, measures of mortality and morbidity in relation to chronic respiratory diseases have been analysed to determine the health status of the surrounding population at Heathrow airport.

When asked for their opinion on the major health issues in relation to airport development all the persons interviewed considered noise as the major concern of people living close to airports. In addition, local communities expressed concern about the night flight regime at the airports, which in their view is too lenient.

In general, the collective noise exposure levels around Heathrow airport and Munich airport have decreased, although many people living in the vicinity of the airport feel that the noise climate is getting worse.

The interviewees in the UK all agreed that the inquiry provides a means to all parties, the general public included, to state their views.

All three airports have an airport consultative committee to discuss issues such as community complaints, airport operations, and development submissions. These committees include representatives from all stakeholders.

Attributes of the physical environment

People rate the quality of their living environment by a variety of factors. In an exploratory study of a policy instrument to assess changes in the physical environment the National Institute of Public Health and the Environment in the Netherlands distinguished more than fifty attributes grouped according to geographical scale (dwelling, quarter, region, state; Table 15).²⁰⁴⁾ The physical environment was defined as consisting of (stocks of) various objects in a certain (spatial) arrangement. These objects were evaluated from three perspectives: ecological, economic and social/psychological. Several attributes are culture-specific and so not universally applicable.

Tablel 15 Kenmerken van de leefbaarheid van het milieu.²⁰⁴⁾

	schaal			
	woning	buurt	regio	land
gewenst	aantal kamers	winkels	groen	cultuurmonumenten
	grootte	postkantoor	openheid, landschappen	faciliteiten evenementen
	passend voor gezin	bank		vliegveld
	(grote) tuin	scholen	watervoorzieningen	voorraden olie en gas

schaal				
	woning	buurt	regio	land
	parkeerplaats	kinderopvang	ziekenhuizen	infrastructuur wegen/trein als verbinding met buitenland
	privacy	park, bomen, plantsoen haltes OV buurthuis café bibliotheek sporthal, sportveld apotheek, artsenpraktijk architectonische waarde knusheid speelgelegenheid	theaters schaatsbanen voetbasstadions infrastructuur (OV, wegen, fietspaden) werkgelegenheid in relatie tot woningaanbod monumenten	ruimtelijke verdeling functies diversiteit in omgevingsaanbod
ongewenst	burengerucht	gevaarlijke verkeerspunten	risico's overstromingen	fijn stof in lucht
	radon	geluidshinder	hinder luchtvaart	UV-straling
	afvoerloze geisers	drukke	zwemwaterkwaliteit	ruimtegebrek voor agrarische activiteiten
	tocht	vuil op straat	horizonvervuiling	afhankelijkheid van ruimte in buitenland
	vocht in huis	hondenpoep	luchtverontreiniging industrie	risico's m.b.t. klimaatverandering
	lekkage	onveilige hoekjes	files	
	loden waterleiding	luchtverontreiniging stad (wegverkeer)		
	ongedierte	bodem- verontreiniging verwaarloosde huizen		

Concepts of health*

A key question in any attempt to evaluate health impacts associated with environmental exposures is ‘what is health’? The concept of health may differ from era to era and from region to region, since it reflects changes or differences in social and cultural beliefs, in medical technology, and economic conditions.²⁰⁷⁾

Health as successful adaptation

Several authors conceptualise health as an *optimal dynamic equilibrium* between individual capabilities and exogenous circumstances, enabling individuals to deal with external disturbances and pressures.^{68), 207), 208)} In such an approach health, is regarded as an individual’s ability to cope with the demands of everyday life.^{56), 85), 89)} Successful adaptation to environmental circumstances in the broadest sense implies living an independent and productive life and maintaining optimal economic conditions and social interactions in all stages of life. Thus it may very well include well-adjusted people with physical handicaps.¹⁰⁶⁾ Health problems may arise among those who lack the mental and physical resources to cope with exposures to environmental factors, such as noise, air pollution, lack of open space, traffic density or the threat of a large accident.¹⁷²⁾

* This Annex is derived from a working paper for the Rolduc workshop, prepared by AEM de Hollander of the Netherlands Institute of Public Health and the Environment, at the request of the Health Council.

Health as a state of well-being

In its founding charter (1946) the World Health Organisation states that health is ‘a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease and infirmity’.²⁷⁶⁾ The merit of this definition is the explicit appreciation of the subjective experience of health and the inclusion of psychological and social dimensions. Clearly this broad concept of health encompasses social responses, such as annoyance, anxiety, disturbance of sleep, communication and cognitive performance. Several authors have drawn attention to its shortcomings: its lack of operational value. Or as Richard Doll once put it: “this definition is a fine and inspiring concept and its pursuit guarantees health professionals unlimited opportunities for work in the future, but it is not of much practical use”.⁶⁷⁾ In a recent discussion of the WHO health concept, Saracci argued that “a state of complete physical, mental and social well-being corresponds much closer to happiness than to health”. He proposed to view health as “a condition of well being free of disease and infirmity and a basic and universal human right”, but at the same time to link the concept to appropriate indicators of mortality, morbidity and (health-related) quality of life.²¹⁰⁾

Healthy until clinically proven otherwise

In its report on Health Care the Dutch Scientific Council for Governmental Policy (WRR) advocated a more or less similar position. Well-being and coping with everyday life requires much more than good health alone. The Council proposes to limit the definition of health to: “the absence of disease and other health problems of a physical or psychological nature”.²⁶⁵⁾ Of course, such a view bears first and foremost on controlling the costs of health care and cure in ageing populations, allocating scarce resources in most cost-effective way. However, in the field of environmental health protection one is confronted with similar needs for effective and efficient allocation of resources (including opportunity costs).^{95), 187)}

Health status measures

Conceptualisations of health can also be found, implicitly as well as explicitly, in proposals of health status measures. Initially clinicians and clinical psychologists developed such instruments to assess and compare quality of life after different options for medical intervention (e.g. quality adjusted life years: QALY’s). In recent years these instruments were adapted to measure ‘disease burden’ on the level of populations,

primarily to support the planning of public health programs and to assess the efficiency of different options.⁸⁹⁾

The most straightforward health status measurement approach is probably the International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps (ICIDH). Impairment is defined as *any loss or abnormality of psychological, physiological or anatomical structure or function (organ level)*. Impairment may lead to disability defined as *any restriction or lack of ability to perform an activity in the manner or within the range considered normal* for human beings (individual level). Disability may lead to handicap, defined as *any disadvantage that limits or prevents an individual's fulfilment of a role that is normal*, given age, gender, environmental conditions and social-cultural context.²⁷⁵⁾ It is important to note that the degree to which a disability becomes a disadvantage depends also on the societal response, e.g. the 'conviction' one is unable to work properly or social isolation amongst mentally retarded persons.

The slightly divergent framework of health-related quality of life (HRQoL) encompasses a broad range of health metrics. On the highest level one can distinguish broad concepts such as *opportunity, health perception, and functional status*.¹⁹¹⁾ 'Opportunity' comprises issues such as cultural and socio-economic disadvantages, or loss of resilience. Health perception relates to expectations about health (and health care) and satisfaction, and of course often reflects the cultural images of health.⁶⁸⁾ Functional status includes physical, psychological and social functioning, for instance the (dis)ability to perform 'activities of everyday life' in four domains; procreation, occupation, education and recreation, as applied by Murray and Lopez in their first Global Burden of Disease report.²⁷⁴⁾

A common feature of all HRQoL measurement instruments is their multidimensional nature. Pain and anxiety can only be perceived by the individual, while for instance cognitive or affective disorder can only be experienced by an observer. Blindness or limpness may be experienced by both. Of course self-reports and observations may diverge substantially, as self-reports will be influenced by socio-economic status, level of health care, base line health status, health culture etc.^{89), 173)} EuroQOL, one of several well-studied examples of an instrument to measure HRQoL, rates health by employing a 3-point scale for 5 health attributes: mobility, self-care, daily activities, pain/discomfort, and anxiety/depression.¹³⁹⁾ Sometimes, cognitive function is added as a sixth health attribute.²³⁰⁾

A third, merely utilitarian perspective on health measurement is probably of less relevance here: loss of health measured as loss of the individual's utility. In most cases this boils down to measuring preferences with respect to time spent in a certain health state, as compared to complete death (0) or perfect health (1).⁸⁵⁾ Several techniques are available to measure these preferences, such as time trade-off, person trade-off,

standard gambling or rating scales.¹⁸³⁾ Again one has to solve an important dilemma with respect to the perspective one wants to take and that is who's preference should be measured: the general public, health care providers, individuals in certain health states, or their family and friends.

Health and the social environment*

A comprehensive body of evidence clearly demonstrates the key role of the social environment in the health status of populations as measured by mortality rate, life expectancy, perceived health, the prevalence of chronic disease and limitations.^{160), 161), 176)} Even in a relatively egalitarian society such as the Dutch, individuals from the highest socio-economic groups live around 3.5 years longer than individuals from the lowest group. In terms of healthy life expectancy the difference is almost as high as twelve years. In general socio-economic status is measured using education level and income as well as professional status. Of these the first attribute appears to be most closely associated with health status. Other important attributes of the social environment are employment status (entrepreneur, employed, jobless, or incapacitated for work), marital status and household composition, and ethnicity. Furthermore, geographical differences in health status are highest on the level of residential neighbourhoods, in particular in large cities, again implicating an important role for the social environment.¹⁶¹⁾

These social-demographically determined health differences are to some extent explained by an unequal distribution of unfavourable lifestyles, such as smoking, alcohol abuse, intake of fat, fruits and vegetables. Furthermore, social support, employment rates, number of life-events and use of care facilities (in particular specialist care) appear to be less favourable among individuals of the lowest social groups. The same applies to the occupational (blue-collar labour) and environmental conditions (including

* This Annex is derived from a working paper for the Rolduc workshop, prepared by AEM de Hollander of the Netherlands Institute of Public Health and the Environment, at the request of the Health Council.

noise and air pollution, traffic density and safety, crime rates). This unequal distribution of exogenous determinants across groups with differing social-economic status is reflected in the distribution of endogenous (or intermediate) factors, such as hypertension, unfavourable blood lipoprotein composition, and obesity. Most analyses show that education level and material standards are more important than psycho-social factors.^{161), 208)} Aside from these causal mechanisms, social-demographic health differences may in part be due to selection as people in poor health are more often excluded from education and employment. In particular with respect to geographically determined health differences selection might be a significant mechanism. Over the last decades people from higher-income groups have moved out of the older neighbourhoods of cities and from the vicinity of industrial zones to settle down in suburbia and dormitory towns where they found better conditions with respect to housing, working, transport and the quality of the local environment. The more socially disadvantaged groups are left behind increasing the geographic accumulation of unfavourable social-economic conditions.^{176), 212)}

Apart from the indirect causal mechanisms discussed above, there are indications that socio-economic status has a direct influence on health status. Intermediate factors might not explain the full extent of social-economic health differences. Furthermore some evidence for a direct influence can be derived from the fact that mortality rates are more closely linked to relative income within countries than to differences in absolute income between them. Secondly, national mortality rates tend to be lowest in countries that have smaller income inequalities and thus have lower levels of relative deprivation.¹⁰³⁾ * Thirdly, most of the long-term rise in life expectancy seems unrelated to long-term economic growth, implicating some threshold beyond which further growth of the gross national product (GNP) no longer induces extension of life expectancy (life expectancy reaches a plateau).²⁶⁹⁾

Some authors argue that the increase of income inequalities is accompanied by reduced social cohesion, a higher level of material insecurity, social exclusion and isolation.^{134), 137)} A lower position in the social hierarchy, lower personal control, chronic insecurity and low self-esteem may by itself affect endogenous factors, such as serum levels of stress hormones, blood pressure, immune function, central obesity, lipoprotein composition and coronary artery atherosclerosis, largely independently, for the most part, of from lifestyle factors. However, these theories are of a hypothetical nature. So far evidence for these direct effects of social disruption is primarily found in animal and occupational studies.^{158), 159), 268)}

* This mechanism is consistent with developments of public health indicators in the UK during the Thatcher administration and in Russia and Eastern Europe after the Wall tumbled down.

Among the strong and consistent health impacts of social-economically-determined factors discussed here one will often search in vain for an independent effect of environmental exposures in available health statistics, such as mortality and morbidity rates or medical consumption.⁶⁷⁾ The strong association between socio-economic and environmental conditions, the expected small increases of health risks attributable to environmental exposures combined with random variation produce a 'signal-to-noise'-ratio that goes way beyond the resolution of available epidemiological methods.¹⁸⁸⁾ Only when health outcomes are more or less specific for a certain environmental exposure, might one use health statistics to reveal a quantitative association (see Figure 4). However, examples of such relationships are rare and mostly derived from occupational exposures to high levels (asbestos and mesothelioma, vinyl chloride and angiosarcoma, benzene and leukaemia).

Therefore, to detect environmental exposure specific health impacts one needs to investigate more specific end-points, such as body burden, lung function parameters, specific respiratory or psychological symptoms. However, there is a geographic association between socio-economic status and poor residential environmental quality in the vicinity of important sources, such as airports, freeways, and industrial areas.^{83), 146), 172), 176), 212), 233), 239), 262)} One has to acknowledge the fact that social studies of a cross-sectional, sometimes ecological nature often simply lack the potential for an unbiased unravelling of all the possible relations and interactions dealt with in this chapter. Most study designs offer only limited possibilities to deal with socio-economic confounding in a satisfactory manner.¹⁷²⁾

Annex

G

Normen voor luchtkwaliteit

Tabel 16 Richtwaarden voor luchtkwaliteit van de WHO en richtwaarden en grenswaarden van de Europese Unie (EU).^{278), 156)}

stof	type norm	tijdgewogen gemiddelde	middelingsperiode
CO	WHO-richtwaarde	100 mg m ⁻³	15 min
		60 mg m ⁻³	30 min
		30 mg m ⁻³	1 h
		10 mg m ⁻³	8 h
NO ₂	WHO-richtwaarde	200 µg m ⁻³	1 h
		40 µg m ⁻³	jaar
	EU-grenswaarde	200 µg m ⁻³	98% van de uurgemiddelden
	EU-richtwaarde	135 µg m ⁻³	98% van de uurgemiddelden
		50 µg m ⁻³	50% van de uurgemiddelden
SO ₂	WHO-richtwaarde	500 µg m ⁻³	10 min
		125 µg m ⁻³	24 h
		50 µg m ⁻³	jaar
	EU-richtwaarde	40-60 µg m ⁻³	1 jr (gemiddelde van dagwaarden)
		100-150 µg m ⁻³	24 h (gemiddelde dagwaarde)
O ₃	WHO-richtwaarde	120 µg m ⁻³	8 h
	EU-richtwaarde voor informeren van de bevolking	180 µg m ⁻³	1 h-gemiddelde
	EU-richtwaarde voor waarschuwen van de bevolking	360 µg m ⁻³	1 h
	EU-drempelwaarde voor gezondheidsbescherming	110 µg m ⁻³	8 h-gemiddelde
zwarte rook	EU-grenswaarde	68 µg m ⁻³	1 jr (mediaan van daggemiddelden)
		111 µg m ⁻³	6 maanden (mediaan van daggemiddelden oktober-maart)
		213 µg m ⁻³	1 jr (gemiddelde van dagwaarden)
	EU-richtwaarde	34-51 µg m ⁻³	1 jr (gemiddelde van dagwaarden)
		85-128 µg m ⁻³	24 h (gemiddelde)

Health effects of noise

A Assessment of evidence

The Health Council committee on Noise and Health assessed the effects of occupational and environmental noise exposure on health and quality of life. A summary of the results obtained are reproduced in Table 17 (Table 1 from ⁹³)

Table 17 (Possible) long term effects of exposure to noise, classification of the evidence for a causal relationship and data on the observation threshold

effect	classification of evidence ^a	situation ^b	observation threshold		
			measure	value in dB(A)	in/out ^d
hearing loss	sufficient	occ	L _{EX,occ} ^c	75	in
		env recr	L _{Aeq,24h}	70	in
		occ unb	L _{EX,occ}	<85	in
hypertension	sufficient	occ ind	L _{EX,occ}	<85	in
		env road	L _{Aeq,06-22h}	70	out
		env air	L _{Aeq,06-22h}	70	out
ischaemic heart disease	sufficient	env road	L _{Aeq,06-22h}	70	out
		env air	L _{Aeq,06-22h}	70	out
biochemical effects	limited	occ			
		env			

effect	classification of evidence ^a	situation ^b	observation threshold		
			measure	value in dB(A)	in/out ^d
immune effects	limited	occ env			
birth weight	limited	occ env air			
congenital effects	lack	occ env			
psychiatric disorders	limited	env air			
annoyance	sufficient	occ off occ ind env	L _{EX,occ} L _{EX,occ} L _{dn}	<55 <85 42	in in out
absentee rate	limited	occ ind occ off			
psycho-social well-being	limited	env			
sleep disturbance, changes in:					
sleep pattern	sufficient	sleep			
awakening	sufficient	sleep	SEL	60	in
sleep stages	sufficient	sleep	SEL	35	in
subjective sleep quality	sufficient	sleep	L _{Aeq,night}	40	out
heart rate	sufficient	sleep	SEL	40	in
hormones	limited	sleep			
immune system	inadequate	sleep			
mood next day	sufficient	sleep	L _{Aeq,night}	<60	out
performance next day	limited	sleep			
performance	limited	occ env			
	sufficient	school	L _{Aeq,school}	70	out

^a Classification of evidence of causal relationship between noise and health.

^b occ = occupational situation, ind = industrial, off = office, env = living environment, recr = recreational environment, road = road traffic, air = air traffic, sleep = sleeping time, unb = unborn: exposure of pregnant mother, school = exposure of children at school.

^c L_{EX,occ} is the equivalent sound level over a presentative working day, standardise to 8 hours

^d Value relates to indoor or outdoor measurement. In the Netherlands, the difference between the level measured outdoors and that indoors is 15 to 25 dB(A) for dwellings with single glazing.

^e Observation thresholds for traffic and industrial noise; the observation threshold is lower for environmental impulse noise.

The committee described its findings as follows:

In [...] this report noise-induced health effects were specified according to the type of noise source and also a differentiation was made with respect to the living, working and recreational environment. An overview is given in [Table 17], which specifies possible long-term health effects, together with a classification of the evidence for a causal relationship. If there is sufficient evidence for a causal relationship, observation thresholds have been specified in the table. The observation threshold is the exposure value above which, on average, an effect from exposure to noise has been observed in epidemiological studies. The observation thresholds concern an average population of adults or adult workers or average populations otherwise specified, such as babies of women exposed to noise during pregnancy.

For those adverse health effects for which sufficient evidence is available to show a causal relationship between noise exposure and effect, it was examined whether reliable exposure-effect relations do exist. For some of these noise-induced health effects, exposure-effect functions are simply expressed in terms of relative risk above the observation threshold. This holds for ischaemic heart disease and hypertension. With respect to noise-induced hearing loss exposure-effect functions are given in ISO 1999; for occupational noise exposure $L_{EX,occ}$ is taken as noise measure, and for environmental noise exposure and exposure during leisure, $L_{Aeq,24h}$ is the measure to be used.

Also for severe annoyance from traffic and industrial noise in the living environment, exposure-effect functions do exist. However, exposure-effect functions regarding annoyance for occupational noise exposure in offices as well as in industrial situations are lacking.

Although there is sufficient evidence for a causal relationship between night-time noise exposure and various effects on sleep, exposure-effect functions have only been derived from field studies for some effects. For awakening and for sleep stage changes due to exposure from intermittent night-time noise, these exposure-effect functions have been derived, with the exposure specified in SEL. With these exposure-effect relations as a basis, the number of awakenings and sleep stage changes has been estimated in the special case of night-time aircraft noise around main airports, with the equivalent sound level during the night as exposure measure [...].

With respect to the adverse noise-induced health effects from a cumulation of exposures to different noise sources, information which allows the determination of these effects is available only for the noise-induced effects hearing loss and annoyance. Concerning noise-induced hearing loss, the effect of any exposure to several noise sources can be calculated from the equivalent sound level over the total exposure period. For annoyance from exposure to several environmental noise sources at one location, there is a calculation scheme for determining accumulated annoyance due to these combined exposures [⁹⁶].

Effects on health from a combination of exposure to noise and that to other physical or chemical agents have rarely been the object of epidemiological research. Since the number of studies and sizes of the populations studied are too small, the data available, have yet to demonstrate sufficient evidence of interactions.

Populations whom epidemiological research has shown an increased susceptibility for acquisition of a noise-induced health effect, are:

- children, who are probably more vulnerable to acquiring noise-induced hearing loss than adults
- males exposed to occupational noise and having high blood cholesterol levels have an increased risk of noise-induced hearing loss in comparison to occupational noise exposed male populations with normal cholesterol levels
- with respect to stress-related health effects, exposure of hospitalised patients to relatively high levels of noise from inside and outside noise sources delays recovery and wound healing
- pregnant women exposed to high levels of industrial noise show an increased risk of hypertension during pregnancy, relative to pregnant women not exposed to occupational noise
- people highly annoyed by low levels of road traffic noise have an increased risk of hypertension
- men exposed to road traffic noise in the living environment and also exposed to occupational noise have an increased risk of ischaemic heart disease compared to men exposed to road traffic noise only
- people annoyed by noise in the workplace show an increased post-work irritability, which might affect well-being at home
- the sick, people with sleeping difficulties and older people show more noise-induced sleep disturbance, especially with respect to the inability to fall asleep (after being awakened), than other adults. Older people also have an increased risk of being awakened by night-time noise
- people with noise-induced sleep disturbance have an increased risk of hypertension, ischaemic heart disease and negative effects on psycho-social well-being compared to people in the same living environment without sleep disturbance
- noise sensitive people, people with fear of certain noise sources and people feeling they have no control over a noise situation (in this respect, feeling an abuse of power) have an increased risk of severe annoyance.

B Exposure-response relationships for noise induced general annoyance, sleep disturbance annoyance and awakenings

The figures below are based on analyses of data in the so-called Database Verstoring (environmental disturbance) of TNO Prevention & Health, that encompasses original data of studies on the effect of residential and recreational noise. The figures below have been taken from a recent publication of Miedema ¹⁶⁹⁾ and the 1997 Health Council report on Assessing noise for public health purposes ⁹⁶⁾.

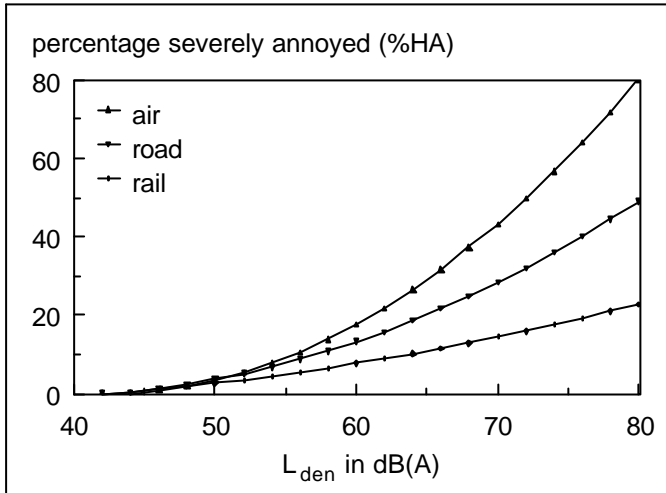


Figure 14 Percentage seriously annoyed as a function of the day-evening-night level for air, road and rail transport noise.

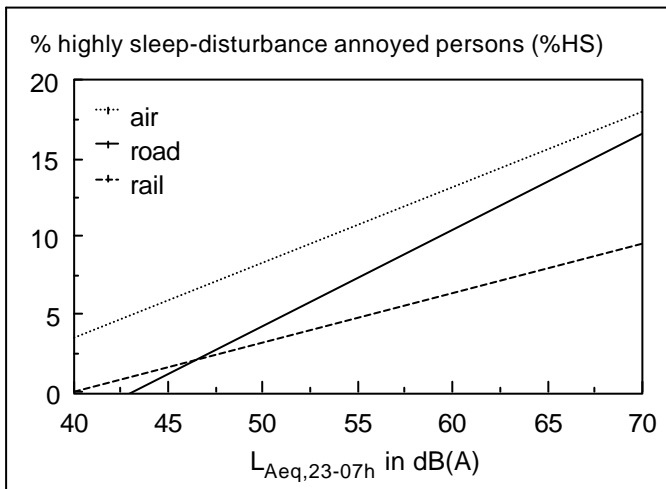


Figure 15 Percentage seriously annoyed by sleep disturbance as a function of the equivalent sound level during the night for air, road and rail transport noise.

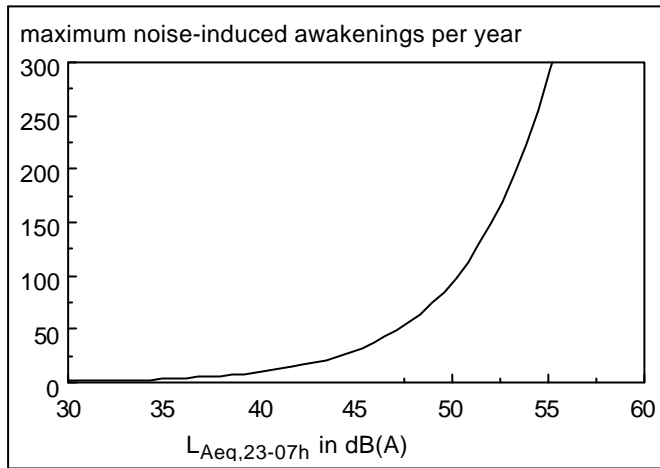


Figure 16 Maximum number of awakenings per year as a function of the equivalent sound level during the night.

Categories of risk in the form of semantic images

The text below is taken from Renn's paper and describes the four semantic images of risks listed in Table 13.²⁰²⁾

“Psychological research has revealed different meanings of risk depending on the context in which the term is used. In the technical sciences the term risk denotes the probability of adverse effects, whereas the everyday use of the term risk has different connotations. [Table 13] illustrates the main semantic images with respect to technological risk [...].

Risk as a pending danger (Damocles' sword). Risks are seen as a random threat that can trigger a disaster without prior notice and without sufficient time to cope with the hazard involved. This image is linked to artificial risk sources with large catastrophic potential. The magnitude of the probability is not considered. It is rather the randomness itself that evokes fear and avoidance responses. Natural disasters, in contrast, are perceived as regularly occurring and thus predictable or related to a special pattern of occurrence (causal, temporal or magic). The image of pending danger is therefore particularly prevalent in the perception of large-scale technologies. Nuclear power plants are a prime example of this semantic category.

Slow killers (Pandora's box). Risk is seen as an invisible threat to one's health or well-being. Effects are usually delayed and affect only few people at the same time. Knowledge about these risks is based on information by others rather than on personal experience. These risks pose a major demand for trustworthiness in those institutions that provide information and manage the hazard. If trust is lost, people demand immediate actions and assign blame to these institutions even if the risks are small. Typical examples of this risk class are food additives, pesticides and radioactive substances. Due to the importance

of trust in monitoring and managing slow killers, nuclear risk managers should place a major effort to improve their trustworthiness and credibility in the community. [...]

Cost-benefit ratio (Athena's scale). Risks are perceived as a balancing of gains and losses. This concept of risk comes closest to the technical understanding of risk. However, this image is only used in peoples' perceptions of monetary gains and losses. Typical examples are betting and gambling, both of which require sophisticated probabilistic reasoning. People are normally able to perform such probabilistic reasoning but only in the context of gambling, lotteries, financial investment and insurance. Laboratory experiments show that people orient their judgement about lotteries more towards the variance of losses and gains than towards the expected value [...].

Avocational thrill (Hercules' theme). Often risks are actively explored and desired [...]. These risks include all activities for which personal skills are necessary to master the dangerous situation. The thrill is derived from the enjoyment of having control over one's environment or oneself. Such risks are always voluntary and allow personal control over the degree of riskiness."