



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving

Ruimtelijke ordening en beheer als onderdeel van de evenwichtige aanpak om de geluidsproblematiek van de luchthaven Brussel-Nationaal aan te pakken



DEEL 2 Analyse van bestaande voorstellen voor
geluidsbeheersing met focus op pijler 2

Ruimtelijke ordening en beheer als onderdeel van de evenwichtige aanpak om de geluidsproblematiek van de luchthaven Brussel-Nationaal aan te pakken

Het doel van de studie is het voorbereiden van de opdrachtgever, Departement Omgeving, op het te doorlopen proces van de Balanced Approach procedure (EU Verordening 598/2014), waarin maatregelen die kunnen geclassificeerd worden volgens vier pijlers worden gecombineerd tot de meest kosteneffectieve mix van maatregelen om een vooropgesteld geluidsdoel te halen.

Voorliggende studie tracht inzicht te brengen in de mogelijke maatregelen binnen pijler 2 'ruimtelijke ordening en beheer', inclusief toetsing van de haalbaarheid binnen de specifieke context van de luchthaven Brussel-Nationaal.

Voorliggend rapport betreft deel 2 van de studie, analyse van bestaande voorstellen voor geluidsbeheersing met focus op pijler 2, zoals deze geformuleerd worden door actiegroepen of adviseurs in kader van de luchthaven Brussel-Nationaal. Uit de verkregen voorstellen, die werden toegelicht tijdens een presentatie, werden twee maatregelen met betrekking tot de pijler 'ruimtelijke ordening en beheer' weerhouden voor verdere analyse en toetsing aan de huidige literatuur.

Dit rapport bevat de mening van externe auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse overheid. Alle interpretaties in dit onderzoek zijn geformuleerd op basis van de beschikbare en geanalyseerde data, binnen de reikwijdte van de studie. Indien er externe of aanvullende bronnen bestaan die tot afwijkende bevindingen zouden kunnen leiden en die niet in dit onderzoek zijn meegenomen, dienen de conclusies met de nodige omzichtigheid te worden benaderd.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert-II laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Afdeling Beleidsontwikkeling en Juridische Ondersteuning, bjo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs

Marjolein Vandersickel, Kathleen De Beukelaer, Eline Vanoverberghe - Sweco

Publicatiedatum

September 2025

Depotnummer

D/2025/3241/323

Partners



MANAGEMENTSAMENVATTING

De luchthaven Brussel-Nationaal is een belangrijke economische poort en tewerkstellingspool. De luchthaven veroorzaakt evenwel vandaag omwille van zijn specifieke ligging in de nabijheid van heel wat bewoning ernstige geluidshinder en slaapverstoring. Het Departement Omgeving heeft de opdracht gekregen om de Balanced Approach procedure (EU Verordening 598/2024) te doorlopen. Deze procedure houdt een zorgvuldige afweging in van de meest kosteneffectieve combinatie van maatregelen binnen vier pijlers van lawaaibestrijding, zoals vooropgesteld door de ICAO (International Civil Aviation Organization). Het is een belangrijke uitdaging om een goede balans te vinden tussen enerzijds het economische belang van een internationale luchthaven en anderzijds de leefomgevingskwaliteit rondom deze luchthaven.

Het Departement Omgeving wenst zich voor te bereiden op de uitrol van de Balanced Approach procedure, onder meer door onderzoek naar de mogelijke maatregelen die pijler 2 'ruimtelijke ordening en beheer' biedt in dit kader, en die uiteindelijk deel kunnen uitmaken van de mix van maatregelen waarmee een vooropgestelde geluidsdoelstelling kan worden bereikt. Voorliggende studie tracht dit inzicht te brengen, inclusief toetsing van de haalbaarheid binnen de specifieke context van de luchthaven Brussel-Nationaal. De pijler omvat maatregelen gericht op het **verenigen van de luchthavenactiviteiten met ander landgebruik**.

Deelrapport 2 inventariseert bestaande voorstellen ter beheersing van geluidsproblematiek van twee groepen: Actie Noordrand en WerkgroepLeuven. Beide hebben hun voorstellen toegelicht tijdens een fysieke presentatie. Ze beargumenteerden elk een alternatief voorstel van maatregelen ter reductie van het aantal ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden. Hun voorstellen besloegen alle pijlers van de Balanced Approach, maar binnen deze studie ligt de focus op de elementen die meegenomen kunnen worden in pijler 2. Beide groepen stellen dat de verplichte geluidsindicatoren zoals L_{den} en L_{night} onvoldoende bescherming bieden tegen geluidshinder en niet aansluiten bij de werkelijke ervaren hinder of andere gezondheidseffecten. Echter, elk voorstel richt zich op verschillende aanvullende parameters die in rekening gebracht zouden moeten worden. Het voorstel van Actie Noordrand richt zich voornamelijk op de invloed van het aantal overvluchten en de concentratie van lawaai in dichtbevolkte gebieden. Zij stellen voor een spreiding te hanteren van het aantal overvluchten, met verschillende maxima voor overdag, 's avonds en 's nachts. Het voorstel van WerkGroepLeuven adviseert om rekening te houden met het achtergrondgeluidsniveau en een combinatie van piekniveaus en de gemiddelde waarden L_{den} en L_{night} . Ze stelt een kader voor geluidsimmissienormen gebaseerd op de VLAREM II wetgeving voor.

In dit deel van de studie wordt gereflecteerd over de wenselijkheid om aanvullende parameters naast L_{den} mee te nemen voor de opbouw van zoneringscriteria binnen pijler 2. Deze vier aspecten of parameters zijn: maximaal geluidsniveau, overvluchtfrequentie, achtergrondgeluidsniveau, en gewinning. De link met deel 1 van de studie wordt gelegd door na te gaan of en hoe deze parameters zijn meegenomen in de opbouw van zoneringscriteria in de in deel 1 onderzochte landen.

Er wordt geconcludeerd dat een criterium dat rekening houdt met de hoogste geluidspieken of met veelvuldige stillere overvluchten, bijv. $NAT_{68} = 6$ of $NAT_{60} = 100$, beter aansluit bij de werkelijke hinder en meer draagvlak heeft bij de omwonenden dan een gemiddelde geluidsindicator, omdat dit begrijpelijker is. Deze indicator geeft het aantal keer dat het geluid van een vliegtuig boven een

bepaalde geluidsrempel uitkomt aan. Op deze manier worden zowel het piekniveau als de frequentie in rekening gebracht.

Hoewel er geen eenduidige consensus is over de exacte waarden in relatie tot het optreden van gezondheidseffecten, vormt dit geen belemmering voor de invoering. Drempelwaarden geven namelijk niet enkel een oordeel over wat gezondheidskundig aanvaardbaar is, maar markeren eerder een grens vanaf waar maatregelen nodig zijn. Deze waarden worden niet alleen op basis van gezondheid vastgesteld, maar ook op basis van kosteneffectiviteit in relatie tot de doelstelling(en), economische haalbaarheid en geografische realiteit. De aanvullende criteria van 'maximale geluidsniveau' en 'overvluchtfrequentie' zijn vooral belangrijk tijdens de nachtperiode vanwege de ontwaakreacties. Ze kunnen gebruikt worden om een extra nachtzone te creëren, met specifieke maatregelen ter bescherming van slaapfuncties.

Het aspect ‘achtergrondgeluidsniveau’ heeft een matig draagvlak. Dit komt door de discussie over de legitimiteit van het blootstellen van mensen, die al aan veel lawaai blootgesteld zijn. Daarnaast is de maskering van het vliegtuiggeluid door het achtergrondgeluid sterk afhankelijk van de spectrale inhoud en van de continuïteit. Het aspect ‘gewenning’ is weinig sturend als aanvullende parameter binnen de zoneringscriteria en wordt niet verder weerhouden.

Slechts enkele van deze maatregelen zullen bijdragen tot een reductie van het aantal ernstig gehinderden en het aantal ernstig slaapverstoorden. Wel kan gesteld worden dat deze maatregelen vaak ook de groei van het aantal blootgestelden tracht te begrenzen in de gebieden met de hoogste blootstelling. Daarnaast kunnen de maatregelen wel nog bijkomend ingezet worden als flankerend beleid ter onderbouwing van een groter maatschappelijk draagvlak.

INHOUDSTAFEL

Definities	6
Begrippen	6
Kenmerkende akoestische grootheden die het geluidsniveau bepalen	8
Kenmerkende akoestische grootheden voor de gevelisolatie	10
1	Inleiding 11
1.1	Aanleiding studie 11
1.2	Focus deel 2: bestaande voorstellen voor geluidsbeheersing met focus op pijler 2 11
1.2.1	Actie Noordrand 12
1.2.2	WerkGroepLeuven 13
1.3	Leeswijzer 13
2	Inventarisatie bestaande voorstellen voor geluidsbeheersing 14
2.1	Actie Noordrand 14
2.2	WerkGroepLeuven 18
2.3	Geselecteerde maatregelen uit bestaande voorstellen 20
3	Algemene reflectie zoneringsindicatoren en drempelwaarden versus immisienormen 23
3.1	Algemene principes 23
3.2	Overzicht zoneringsparameters gehanteerd voor 5 onderzochte luchthavens uit deel 1 24
4	Analyse mogelijke aanvullende aspecten ter onderbouwing van de zoneringsindicatoren. 25
4.1	Invloed van maximaal geluidsniveau en frequentie 25
4.1.1	Maximaal geluidsniveau 25
4.1.2	Overvluchtfrequentie 35
4.1.3	Reflectie naar 5 onderzochte Europese luchthavens 48
4.1.4	Onderzoek naar het potentieel van een overschrijdingsfrequentie indicator NAT 50
4.1.5	Reflectie naar toepassing op luchthaven Brussel-nationaal 53
4.2	Invloed achtergrondgeluidsniveau 61
4.2.1	Bespreking achtergrondgeluidsniveau 61
4.2.2	Reflectie naar 5 Europese luchthavens 63
4.2.3	Reflectie naar toepassing op luchthaven Brussel-nationaal 64
4.3	Invloed gewinning 66
4.3.1	Bespreking invloed gewinning 66
4.3.2	Reflectie naar 5 Europese luchthavens 67
4.3.3	Reflectie naar toepassing op luchthaven Brussel-nationaal 67
5	Conclusie bestaande voorstellen voor geluidsbeheersing met focus op pijler 2 68
5.1	Reflectie andere luchthavens in Europa 68
5.2	Reflectie naar toepassing op luchthaven Brussel-nationaal 70
Referenties 72	
Bijlage 1: overzicht Belangrijke instanties / studies 73	
Hoge gezondheidsraad	73
WereldGezondheidsOrganisatie (WGO/WHO)	73
Nederlandse Gezondheidsraad	74
ACNUSA	74
NORAH studie	75
ENVISA studie	75

DEFINITIES

BEGRIPPEN

Voor een duidelijke begripsvorming in het verder verloop van de tekst worden hierna enkele begrippen nader gedefinieerd:

Verkeersgeluid	Geluid veroorzaakt door wegverkeer, spoorverkeer en vliegverkeer.
Vliegverkeer	Burgerlijk en militair luchtverkeer tijdens de vlucht, het landen en opstijgen inbegrepen.
Emissie	Emissie verwijst naar de hoeveelheid geluid dat wordt uitgestraald door de geluidsbronnen (vliegtuigen).
Immissie of blootstelling	Immissie of blootstelling wordt veroorzaakt door de geluidsemissie van de vliegtuigen en verwijst naar het geluid dat mensen kunnen waarnemen op een bepaalde plaats. De geluidsniveaus waaraan omwonenden van luchthavens worden blootgesteld.
Geluidshinder	Geluidshinder wordt veroorzaakt door blootstelling aan geluid, maar omvat ook de subjectieve waardering van het geluid door de ontvanger. Naast de blootstelling aan geluid spelen ook niet-akoestische factoren een rol zoals het type bron, het heersende achtergrondgeluidsniveau, gewenning, de mate van informatie die door de luchthaven en de autoriteiten wordt verstrekt, De relatie tussen blootstelling aan geluid en geluidsoverlast is onder meer afhankelijk van culturele aspecten. Relaties tussen blootstelling en geluidshinder werden vastgelegd in wetenschappelijk onderzoek.
Geluidscontour ¹	Een geluidscontour is een lijn van constante waarde van de blootstelling aan vliegtuiggeluid gemiddeld over een bepaalde periode (typisch één jaar) voor een verkeersmix van vliegtuigen onder typische bedrijfsomstandigheden. Over het algemeen zijn de geluidscontouren van luchthavens getekend in geluidsindexintervallen om te helpen bij het definiëren van de "meest aangetaste" versus de "minst aangetaste" zones rondom de luchthaven. Omdat de geluidscontour is gebaseerd op een specifieke verkeersprognose, zal de variatie van de verkeerssituatie in de tijd de vorm ervan beïnvloeden. Op dezelfde manier, als een autoriteit de mogelijke opties voor het mitigeren van een geluidsprobleem gedurende een specifieke tijd van de dag, bijvoorbeeld van 14.00 tot 20.00 uur, wil beoordelen, moeten de geluidscontouren rekening houden met het gemiddelde effect van het

¹ Definitie cfr. Chapter 3.2 van Doc 9184, Airport Planning Manual Part II – Land Use and Environmental Management

	verwachte verkeer gedurende dat tijdstip over de tijdsperiode, meestal één jaar.
Geluidsindicator ²	Een geluidsindicator is een parameter die verband houdt met geluidsblootstelling over een bepaalde periode. De waarde ervan wordt beschouwd als een voorspeller van de geluidseffecten op mensen. De geluidsindicator kan rekening houden met factoren naast de luidheid, zoals het tijdstip van de dag, ... bijv. L_{den} . Alternatief, in het geval van beoordeling onder de Balanced Approach, kunnen andere grootheden worden gebruikt om de geluidssituatie rond de luchthaven te beschrijven, zoals het aantal geluidsgebeurtenissen boven een bepaald geluidsniveau.
Zoneringscriteria	Ruimtelijk gedifferentieerd ingrijpen steunt o.a. op de invoering van zoneringscriteria, die afhankelijk zijn van de geluidsimmissie. De zoneringscriteria zijn opgebouwd uit bepaalde drempelwaarden, uitgedrukt in een gekozen geluidsindicator, waaraan bepaalde maatregelen gekoppeld worden.
Immissienormen	Grenswaarden voor de (toegestane) geluidsimmissie van vliegtuigbewegingen, die bij overschrijding specifieke maatregelen vragen. Maatregelen kunnen zich binnen meerdere pijlers van de Balanced Approach' situeren. Op deze manier kunnen immissienormen een 'sturende' werking hebben op de andere pijlers.

² Definitie cfr. Chapter 3.2 van Doc 9184, Airport Planning Manual Part II – Land Use and Environmental Management

Kenmerkende akoestische grootheden die het geluidsniveau bepalen

Onderstaande tabellen geven de belangrijkste akoestische grootheden die gebruikt worden voor het bepalen van het geluidsdrukniveau in de het kader van deze studie. Het betreffen grootheden die zowel buiten aan de gevel als binnen in een lokaal kunnen gebruikt worden.

$L_{Aeq,T}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidsdrukniveau $L_{Aeq,T}$ van een geluid dat fluctueert over een tijdsinterval $T=t_2-t_1$ is het niveau van het geluid dat wanneer het constant zou aangehouden worden over dit tijdsinterval, eenzelfde gemiddelde waarde van de gekwadrateerde A-gewogen geluidsdruk oplevert als het gemeten geluid. $L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right)$
L_{day} of L_d	dB(A)	Het A-gewogen gemiddelde geluidsdrukniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2 :1987, vastgesteld over alle dagperiodes (07:00-19:00) van een jaar.
$L_{evening}$ of L_e	dB(A)	Het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2 :1987, vastgesteld over alle avondperiodes (19:00-23:00) van een jaar.
L_{night} of L_n	dB(A)	Het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn is, als gedefinieerd in ISO 1996-2 :1987, vastgesteld over alle nachtperiodes (23:00-07:00) van een jaar.
Dagindeling	dB(A)	Voor vliegtuiggeluid (VLAREM hoofdstuk 5.57) in Vlaanderen telt de dag twaalf uren, de avond vier uren en de nacht acht uren. De standaardperiodes zijn 7.00-19.00 uur, 19.00-23.00 uur en 23.00-7.00 uur plaatselijke tijd, conform de Europese richtlijn 'Omgevingslawaaï' (2002/49/EG).
L_{den}	dB(A)	Het dag-avond-nacht-niveau L_{den} is gedefinieerd door de volgende formule: $L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$
$L_{r,T}$	dB(A)	Richtwaarde tijdens de dagperiode (T(ag)) in gebruik in Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland.
$L_{r,N}$	dB(A)	Richtwaarde tijdens de nachtperiode (N(acht)) in gebruik in Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland.
$L_{Aeq,1s,max,T}$	dB(A)	De maximale waarde van alle $L_{Aeq,1s}$ -waarden die gemeten worden gedurende een meetperiode T. De $L_{Aeq,1s}$ -waarden worden hierbij gemeten over aaneensluitende 1s intervallen gedurende de meetperiode T.
L_{Amax}	dB(A)	Het maximum geluidsniveau in dB(A) dat wordt gemeten tijdens de passage van een vliegtuig. In het kader van vliegtuiggeluid (cfr ISO 20906) ook geschreven als $L_{Aeq,1s,max,T}$ of L_{ASmax} (tijdsweging slow)..

Kenmerkende akoestische grootheden voor de gevelisolatie

D _{2m,nT,w}	dB	Het gewogen, gestandaardiseerde geluidsdrukniveauverschil voor een gevel volgens EN ISO 717-1:1997 op basis van de volgende formule: D _{2m,nT} = L _{1,2m} - L ₂ + 10lg(T/T ₀) [dB] Met: L _{1,2m} (dB): Het geluidsdrukniveau gemeten per tertsband op 2 m loodrechte afstand van het centrum van het gevelvlak (inclusief gevelreflectie); L ₂ (dB): Het gemiddelde geluidsdrukniveau gemeten per tertsband in de ontvangstruimte als gevolg van de geluidstransmissie enkel door het gevelvlak T en T ₀ (s): Zie hieronder																												
T	s	de nagalmtijd gemeten in de ontvangstruimte																												
T ₀	s	De referentienagalmtijd in de ontvangstruimte. Meestal 0.5 s voor verblijfsruimtes.																												
D _{Atr}	dB	Het gewogen, gestandaardiseerde geluidsdrukniveauverschil voor een gevel met het typespectrum voor wegverkeerslawaai volgens EN ISO 717-1:1997: D _{Atr} = D _{2m,nT,w} + C _{tr}																												
C; C _{tr}	dB	<table><tr><td>Spectrale aanpassingstermen die rekening houden met specifieke spectra zoals beschreven in EN ISO 717-1:1997 voor luchtgeluid.</td><td></td></tr><tr><td><i>Geluidbron</i></td><td><i>Overeenkomstige spectrale aanpassingsterm</i></td></tr><tr><td>Activiteiten in de woning (spraak, muziek, radio, televisie)</td><td>C (spectrum 1)</td></tr><tr><td>Spelende kinderen</td><td></td></tr><tr><td>Spoorwegverkeer, bij gemiddelde en hoge snelheden</td><td></td></tr><tr><td>Wegverkeer, op snelwegen bij hoge snelheden > 80 km/u</td><td></td></tr><tr><td>Straalvliegtuigen, op korte afstanden</td><td></td></tr><tr><td>Bedrijven die vooral midden- en hoogfrequent geluid uitstralen</td><td></td></tr><tr><td>Wegverkeer in de stad</td><td>C_{tr} (spectrum 2)</td></tr><tr><td>Spoorwegverkeer, bij lage snelheden</td><td></td></tr><tr><td>Schroefvliegtuigen</td><td></td></tr><tr><td>Straalvliegtuigen, op grote afstanden</td><td></td></tr><tr><td>Muziek in discotheken</td><td></td></tr><tr><td>Bedrijven die vooral laagfrequent geluid uitstralen</td><td></td></tr></table>	Spectrale aanpassingstermen die rekening houden met specifieke spectra zoals beschreven in EN ISO 717-1:1997 voor luchtgeluid.		<i>Geluidbron</i>	<i>Overeenkomstige spectrale aanpassingsterm</i>	Activiteiten in de woning (spraak, muziek, radio, televisie)	C (spectrum 1)	Spelende kinderen		Spoorwegverkeer, bij gemiddelde en hoge snelheden		Wegverkeer, op snelwegen bij hoge snelheden > 80 km/u		Straalvliegtuigen, op korte afstanden		Bedrijven die vooral midden- en hoogfrequent geluid uitstralen		Wegverkeer in de stad	C _{tr} (spectrum 2)	Spoorwegverkeer, bij lage snelheden		Schroefvliegtuigen		Straalvliegtuigen, op grote afstanden		Muziek in discotheken		Bedrijven die vooral laagfrequent geluid uitstralen	
Spectrale aanpassingstermen die rekening houden met specifieke spectra zoals beschreven in EN ISO 717-1:1997 voor luchtgeluid.																														
<i>Geluidbron</i>	<i>Overeenkomstige spectrale aanpassingsterm</i>																													
Activiteiten in de woning (spraak, muziek, radio, televisie)	C (spectrum 1)																													
Spelende kinderen																														
Spoorwegverkeer, bij gemiddelde en hoge snelheden																														
Wegverkeer, op snelwegen bij hoge snelheden > 80 km/u																														
Straalvliegtuigen, op korte afstanden																														
Bedrijven die vooral midden- en hoogfrequent geluid uitstralen																														
Wegverkeer in de stad	C _{tr} (spectrum 2)																													
Spoorwegverkeer, bij lage snelheden																														
Schroefvliegtuigen																														
Straalvliegtuigen, op grote afstanden																														
Muziek in discotheken																														
Bedrijven die vooral laagfrequent geluid uitstralen																														
G _{A,k}	dB	Karakteristieke geluidswering van de gevel Grootheid die het verschil tussen het geluidsniveau van het invallende geluid (dus exclusief reflectie) aan de buitenzijde van een uitwendige scheidingsconstructie en het geluidsniveau in een ruimte achter deze scheidingsconstructie, herleid naar genormeerde afmetingen van de ontvangruimte, in één getal weergeeft.																												

1 INLEIDING

De luchthaven Brussel-Nationaal (Brussels Airport) is een belangrijke economische poort en tewerkstellingspool, met onmiskenbare voordelen zowel voor Vlaanderen als de andere regio's. De luchthaven veroorzaakt evenwel vandaag vanwege van zijn specifieke ligging in de nabijheid van heel wat bewoning ernstige geluidshinder, slaapverstoring en andere gezondheidseffecten. Vlaanderen staat voor de belangrijke uitdaging om een goede balans te vinden tussen enerzijds dit economische belang van een internationale luchthaven en anderzijds de leefomgevingskwaliteit rondom deze luchthaven.

1.1 AANLEIDING STUDIE

Het Departement Omgeving heeft de opdracht gekregen om de Balanced Approach procedure te doorlopen (EU Verordening 598/2014) om deze balans scherp te stellen. De procedure start met de vaststelling van het probleem en de bepaling van een geluidsdoelstelling. Vervolgens worden maatregelen geïdentificeerd en geïnventariseerd die in aanmerking komen om bij te dragen aan het behalen van het geluidsdoel. Het resultaat is een zorgvuldige afweging van de meest kosteneffectieve combinatie van maatregelen binnen de vier pijlers van lawaaibestrijding, zoals vooropgesteld door de ICAO (International Civil Aviation Organization).

Ter voorbereiding hiervan wordt er in voorliggende studie gefocust op één van de vier pijlers³, namelijk 'ruimtelijke ordening en beheer', en op de vraagstelling wat een mogelijke invulling van deze pijler zou kunnen inhouden. Algemeen wordt gesteld dat een luchthaven en zijn activiteiten baat hebben bij een goede ruimtelijke ordening waarbij er voldoende scheiding is tussen de geluidsbronnen en geluidsgevoelige zones. Luchthavens liggen echter vaak in de nabijheid van ontwikkeld (stedelijk) gebied gezien ruimte schaars is en de luchthaven vaak in verbinding staat tot de nabijgelegen stad. De pijler ruimtelijke ordening en beheer omvat ruimtelijke plannings- en beheersinstrumenten gericht op het verenigen van de luchthavenactiviteiten met ander landgebruik. Maatregelen in de sfeer van de ruimtelijke ordening en beheer vormen een typische gewestelijke bevoegdheid.

De resultaten van deze studie bereiden de opdrachtgever, Departement Omgeving, voor op het te doorlopen proces van de Balanced Approach, en moet hen meer bepaald inzicht verschaffen over welke rol pijler 2 kan spelen bij het zoeken naar de meest kosteneffectieve mix van maatregelen om de geluidshinder vanwege het luchtverkeer terug te dringen.

1.2 FOCUS DEEL 2: BESTAANDE VOORSTELLEN VOOR GELUIDSBEHEERSING MET FOCUS OP PIJLER 2

Verschillende belangengroepen, betrokken actoren en werkgroepen in de omgeving van de luchthaven Brussel-Nationaal hebben reeds concrete voorstellen gedaan over hoe de uitbating van de luchthaven op een alternatieve manier aangepakt kan worden ter beheersing van de geluidsproblematiek. Als basis voor dit deel van de studie werd een evaluatie gemaakt van de meest

³ Een beschrijving van de vier pijlers is opgenomen in deel 1 van voorliggende studie.

De voorstellen gaan vaak breder dan enkel maatregelen onder pijler 2, maar omvatten ook operationele of exploitatiebeperkende maatregelen. Dit toont aan dat steeds de pijlers van de Balanced Approach nauw met elkaar verweven zijn. In het kader van de opdracht worden de voorstellen beknopt geïnventariseerd en wordt gedestilleerd welke maatregelen specifiek ingaan op maatregelen binnen de sfeer van ruimtelijke ordening en het beheer hiervan. Suggesties voor maatregelen in kader van de overige pijlers binnen de Balanced Approach⁴ maken geen onderdeel van deze studie.

1.2.1 Actie Noordrand

De voorstellen voor geluidsbeheersing van de vereniging houden rekening met het algemeen economisch belang van de Luchthaven Brussel-Naamaan en zijn gericht op een duurzame en door de

pagina 12 van 75

De leden worden geïnformeerd over de actualiteit rond de luchthaven via e-mail en voordrachten. Actie Noordrand/Boreas is vertegenwoordigd in de lokale milieuranen en sloot zich aan bij de luchthavenactie van de BBL.

WerkGroepLeuven (WGL) is onafhankelijk van politieke partijen, maar wil samenwerken met politici en overheden om duurzame oplossingen te vinden. De werkgroep, die oorspronkelijk werd opgericht om het probleem van Zaventem aan te pakken, wil antwoorden geven op maatschappelijk, socio-economische, financiële en technische (medische, luchtvaartkundige, akoestische, ...) vraagstukken. Ze stelt zich ook ten dienste van belangengroepen zoals vakbonden en bewonerscomités, maar wenst dit te doen in alle onafhankelijkheid en gericht op het bekomen van breed maatschappelijk aanvaarde oplossingen.

Voorliggend rapport focust op **mogelijke aanvullende aspecten op het gebruik van L_{den} en L_{night} ter onderbouwing van de zoneringscriteria.**

De SWOT beoordeelt de toepasbaarheid van de maatregel binnen de context van de luchthaven Brussel-Nationaal. Deze SWOT wordt beoordeeld aan de hand van 5 clusters van vragen. Elk antwoord is een deskundigenoordeel:

- EFFECTIVITEIT (E): Hoe effectief is de maatregel in het behalen van de doelstellingen? Hoe groot is de impact van de maatregel? Welke doorwerkingskracht kent de maatregel?
- HAALBAARHEID (H): Hoe haalbaar is deze maatregel? Hoe complex is de maatregel in zijn implementatie, rekening houdend met snelheid van invoering of financiële haalbaarheid?
- DRAAGVLAK (D): Hoeveel draagvlak zou er zijn voor de maatregel bij zowel de lokale bevolking als de lokale gemeentebesturen?
- SOCIALE DIMENSIE (S): Heeft de maatregel een sociale impact op de lokale gemeenschap? Draagt deze maatregel bij aan het verminderen van de gezondheidsimpact?
- KOPPELKANSSEN (K): Zijn er koppelkansen verbonden aan de maatregel? Bijvoorbeeld op vlak van energie, klimaatrobuust bouwen of de gewenste ruimtelijke ordening volgens de principes van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen?

Dit leidt tot een conclusie van zeer sterke maatregel, sterke maatregel, neutraal (goede en slechte elementen), minder goede maatregel tot zeer zwakke maatregel. Deze beoordeling kan echter verschillend zijn per cluster. Zo kan een maatregel wel zeer efficiënt zijn, maar niet bijdragen tot het gewenste draagvlak. Of zeer effectief maar met een grote complexiteit naar haalbaarheid. Dit duidt de complexiteit van de beoordeling van één maatregel.

*In voorliggend rapport worden ter informatie citaten uit andere studies weergegeven in beige kaders met bruine tekst. De informatie in deze kaders is overgenomen **zonder validatie en verificatie**.*

*In voorliggend rapport worden tevens citaten uit de aangereikte voorstellen van de geselecteerde groepen weergegeven in licht groenblauwe kaders met groenblauwe tekst. De informatie in deze kaders is overgenomen **zonder validatie en verificatie**.*

Technische verklaring van gebruikte geluidsindicatoren of overige parameters worden in grijze kaders met grijze tekst weergegeven.

2 INVENTARISATIE BESTAANDE VOORSTELLEN VOOR GELUIDSBEHEERSING

Actie Noordrand en WerkgroepLeuven werden uitgenodigd om hun voorstellen voor geluidsbeheersing toe te lichten. Naast een mondelinge toelichting werd ook heel wat informatie aangereikt om hun standpunten te staven. Voorliggend hoofdstuk is een beknopte en overzichtelijke weergave van hun verschillende ideeën en bedenkingen. Hierbij worden enkele figuren overgenomen zoals deze aangeleverd zijn.

De opbouw van de voorstellen is opgesplitst met een reflectie op voorstel voor maatregelen binnen alle pijlers van de Balanced Approach en een bijkomende focus op de voorstellen die binnen de pijler ruimtelijke ordening en beheer vallen. Dit hoofdstuk beoogt geen volledig en gedetailleerd inzicht te geven van alle elementen die opgenomen zijn in beide voorstellen, maar focust sterk op de onderdelen die van belang zijn voor pijler 2⁵.

2.1 ACTIE NOORDRAND

Actie Noordrand staat kort stil bij de specifieke ligging van Brussels Airport waardoor een specifieke benadering noodzakelijk is. De meest dense, (rand)stedelijke gebieden liggen ten westen en zuidwesten van de luchthaven met ook dens woongebied ten noorden en noordwesten.

⁵ Een volledig overzicht van welke maatregelen onder welke pijler van de Balanced Approach vallen is opgenomen in Deel 1 van voorliggende studie.

Algemene visie op maatregelen binnen de 2e pijler 'ruimtelijke ordening en beheer'

Actie Noordrand stelt dat onteigening/verplichte verhuizing van de meest geluidsbelaste woningen niet betaalbaar, niet ethisch en niet grondwettelijk verantwoord is. Zij stellen dat indien hinder moet gedragen worden door de bevolking in functie van het algemeen belang van het land, dat men dan geen schade mag toedienen aan een beperkte groep, indien dit belang op een andere, minder schadelijke, manier kan gerealiseerd worden. M.a.w. stellen zij dat onteigenen in een concentratiezone niet verantwoord is, indien o.a. door een spreidingsplan (=operationele maatregelen, zie verder) de hinder ook kan verdeeld worden tot aanvaardbare niveaus.

Actie Noordrand stelt dat extra geluidsisolatie bij woningen geen oplossing biedt. Hiervoor worden verschillende argumenten opgesomd:

- Dit laat geen natuurlijke ventilatie toe of biedt geen oplossing voor buitenruimte (overdag);
- Dit is volgens hen onrealistisch haalbaar in de context van de luchthaven Brussel-Nationaal, waarbij het aantal te isoleren woningen groot is wat leidt tot een hoge kostprijs en lange duurtijd van de uitrol van het isolatieprogramma;
- De vereiste geluidsisolatie moet technisch gezien zeer hoog zijn om binnen in slaapkamers de gezondheidsdrempels te respecteren rekening houdende met het laagfrequente karakter van vliegtuiggeluid;
- Het effect van geluidsisolatie op hinder en slaapverstoring is niet éénduidig aangetoond en het aantal klachten neemt niet af na het plaatsen van performante akoestische isolatie.
- Geluidsisolatie is geen eeuwigdurende investering maar dient om de 25 jaar vernieuwd.

Actie Noordrand uit de angst dat in combinatie met geluidsisolatie zou gekozen worden voor een concentratiescenario op niveau van operationele maatregelen om zo het aantal te isoleren huizen en bijgevolg de kost ervan te beperken.

Kort samengevat stelt Actie Noordrand dat de enige manier om én het aantal events of pieken per individu te beperken én de geluidscontouren te doen krimpen én toch een luchthaven duurzaam en rendabel te exploiteren, erin bestaat om de opstijgende vluchten maximaal en systematisch te verdelen over de luchthavenomgeving en in functie daarvan het totaal aantal vluchten te beperken. Hierdoor krijgen de omwonenden per individu slechts een beperkt aantal events/pieken te verwerken en trekken de geluidscontouren zich terug tot de zone dichtbij/rond de luchthaven met enkel nog 'uitstulpingen' in het verlengde van de landingsbanen (omdat landende toestellen reeds

Om dit te verankeren stelt Actie Noordrand dat het noodzakelijk is frequentienormen op te leggen waarbij elk geluidsevent boven 55 dB(A) wordt in rekening gebracht, uitgezonderd van een zone vlakbij de luchthaven (zone tot 5 km of 7,5 km nog te bepalen) en een zone in het verlengde van de assen van de banen in functie van landingen (zone tot 1 km of 1,5 km breed nog te bepalen) waar hinder (en eventueel onteigening) onvermijdelijk is.

[illegible]

Alternatief voorstel (niet verder besproken)

Voor de verdere analytische opbouw van dit rapport werd enkel het voorstel voor spreiding gebaseerd op het belang van frequentie van stillere overvluchten onderzocht in dit onderzoek.

2.2 WERKGROEPELEUVEN

WerkGroepLeuven (WGL) wil een antwoord geven op het maatschappelijk, socio-economische en financiële vraagstuk van geluidshinder rond de luchthaven. Ze duidt op de ernst van de geluidsbelasting door luchtverkeer rond de luchthaven Brussel-Nationaal waarbij ze concludeert dat het aantal gehinderde bewoners te groot is ten opzichte van de economische voordelen van de luchthaven. Ze verwijst naar verschillend wetenschappelijk onderzoek dat de impact toont van geluidsbelasting ten gevolge van luchtverkeer op gezondheid, waarbij ze ook vaststelt dat dit wetenschappelijk onderzoek sterk evolueert. Enkele belangrijke onderzoeken die WGL vermeldt, zijn de richtlijnen van de WHO (1999, 2009, 2018), waarin de aanbevelingen telkens sterk werden aangescherpt, maar ook belangrijk substantieel bijkomend onderzoek en inzichten van na 2018.

Visie op verschillende geluidsindicatoren

WGL stelt vast dat met betrekking tot maximale geluidsniveaus per overvlucht (L_{Amax}) er nog te weinig duidelijkheid is over de link met lichamelijke reactie. Ze argumenteert dat studies vaak op een beperkte groep worden uitgevoerd en er mogelijks geen rekening gehouden wordt met eventuele gewinning (cfr WHO 2018). Ook met betrekking tot frequentie van overvluchten is er volgens WGL onduidelijkheid over de drempelwaarde vanaf wanneer overvluchten al dan niet meegenomen zouden moeten worden en verwijst WGL naar recente studies waarbij niet de frequentie in se maar wel het equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) over een korte periode (uur, dag) van weliswaar sterk intermitterend geluid bepalend zou zijn bij de fysiologische reactie op geluid en de bijhorende gezondheidsschade. WGL haalt aan dat dit tevens al bepaald werd voor de lange termijn (L_{Aeq} op jaarbasis, zoals L_{night}); zie WHO 2018. Het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} , zoals bijvoorbeeld L_{night} , geeft immers de naar geluidsintensiteit gewogen frequentie weer, weliswaar op een logaritmische schaal. Vooral dat laatste maakt van L_{Aeq} een moeilijk te vatten geluidsindicator voor het brede publiek, maar niettemin wetenschappelijk robuust.

Verder geeft WGL aan dat eveneens uit recent onderzoek is gebleken dat het maskerend effect van het achtergrondgeluidsniveau in verschillende gebieden (zoals verwacht) belangrijk is en bijgevolg dient in rekening gebracht worden bij het vastleggen van normen of zoneringscriteria.

Gezien de onduidelijkheid met betrekking tot maximale geluidsniveaus per overvlucht of met betrekking tot frequentie van overvluchten, en de duidelijkheid die er wel is over L_{Aeq} , stelt WGL voor om te werken met **equivalente geluidsniveaus** (L_{Aeq} , zoals L_{night} , L_{day} , en L_{den}), en aanvullend deze tijdens de dag- en nachtperiode **op uurbasis** te bekijken in plaats van op jaarbasis.

Concreet voorstel: opleggen van immissienormen

WGL doet een concreet voorstel van kader voor geluidsimmissienormen. Ze baseren zich op de VLAREM II wetgeving⁷, waarbij een differentiatie gemaakt wordt in functie van het achtergrondgeluidsniveau (stadscentrum, residentiële gebieden en landelijke gebieden), een criterium wordt opgelegd voor gemiddelde equivalente geluidsniveaus L_{Aeq} , zoals L_{den} en L_{night} , maar dan op uurbasis, alsook een criterium voor piekgeluiden per overvlucht (door deze te beschouwen cfr VlareM als 'intermitterend geluid'). WGL maakt hierbij een onderscheid tussen streefwaarden (toekomstperspectief) en transitiewaarden (ca. 5 dB lager). De grenswaarden zijn hierbij bepaald

⁷ Het betreft richtwaarden voor specifiek geluid in open lucht afkomstig van hinderlijke inrichtingen (<https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=18928>) enerzijds en richtwaarden voor fluctuerend, incidenteel, impulsachtig en intermitterend geluid in open lucht van als hinderlijk ingedeelde inrichtingen anderzijds (<https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=18930>).

overeenkomstig de aanbevelingen van WHO 2018, met voorbehoud van nieuw wetenschappelijk onderzoek m.b.t. kwetsbare personen.

Table 1: Detailed overview of Target and Transition Noise Limits: “applicable noise limits” (WGL Proposal)

TARGET	day			Night		
Zones *	LAmaz	SEL	Lday Lden	LAmaz	SEL	Lnight
RBC-BHG Zone0	(69) +	80	55	(57) +	70	45
VLAREM City Center	70		50	55		40
VLAREM Residential #	65		45	50		35**
VLAREM Rural	60		40	45		30
VLAREM Peak Emergence	20			15		

TRANSITION	day			night		
5	LAmaz	SEL	Lday Lden	LAmaz	SEL	Lnight
RBC-BHG Zone0	(69)	80	55	(57)	70	45
VLAREM City Center	75		55	60		45
VLAREM Residential #	70		50	55		40
VLAREM Rural	65		45	50		35
VLAREM Peak Emergence	20			15		

(*) outside buffer zones of freeways, industrial zones and alike (cf. VLAREM, RBC-BHG zone 1 and 2)

(**) WHO 2018 recommended Lnight 40 but acknowledged that it may not be fully protective. VLAREM target values for the night will be adapted in accordance with the WHO investigation.

(#) Residential: city periphery

(+) RBC-BHG noise limit in SEL converted in LAmaz

Figuur 2: Voorstel van WGL waarbij de VLAREM-normen worden gehanteerd als een immissiekader

WGL heeft berekend dat de voorgestelde transitiewaarden en streefwaarden kunnen gerespecteerd worden (bij gesloten raam) met respectievelijk de nieuwste en stilste zware en middelzware vliegtuigen⁸ en dit vanaf ongeveer 10 km gemeten vanaf de start- en landingsbanen voor wat betreft de stedelijke waarden en vanaf ongeveer 20 km voor wat betreft de rurale waarden. In de zones hiertussen kan niet voldaan worden aan deze voorgestelde waarden: dat worden bijgevolg ‘buffergebieden’ in de VLAREM terminologie.

WGL concludeert daarom dat een krimp van de geluidshinder noodzakelijk is om het geluidsprobleem effectief opgelost te krijgen, bij voorkeur door een beleid dat de inzet van de meest stille vliegtuigen sterk bevordert. WGL haalt aan dat het Vlaamse Gewest daartoe een belangrijke eerste stap gezet heeft met de nieuwe Omgevingsvergunning voor BAC (2024)⁹.

Focus op maatregelen in de andere pijlers van de Balanced Approach

Teneinde de voorgestelde immissienormen te respecteren geeft WGL aan dat een **versnelde migratie naar de stilste vliegtuigen noodzakelijk** is (= pijler 1 bronmaatregelen) en dit voor elke gewichtsklasse van vliegtuigen. Aanvullend concludeert WGL dat een reductie van het globale aantal vluchten (dag en nacht) (= pijler 4 exploitatiebeperkingen) leidt tot slechts een marginale reductie van de schade maar wel met een significant jobverlies en dus niet wenselijk is.

⁸ Zware vliegtuigen van het type Airbus A350-941, en middelzware van het type A320neo

⁹ In deze omgevingsvergunning werd initieel een reductie van het aantal ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden opgenomen. Deze vergunning werd op 17 juli 2025 vernietigd door de Raad voor Vergunningsbetwisting. Het voorstel van WGL werd ontvangen voor deze vernietiging en reflecteert bijgevolg niet het gevolg hiervan.

WGL geeft aan dat deze versnelde migratie naar de stilste vliegtuigen en eventuele ban of verschuiving van nachtvluchten valt onder de bevoegdheid van de federale regering. WGL argumenteert dat deze maatregelen gerealiseerd kunnen worden door geluidstarieven die proportioneel zijn met de geluidsschade, cofinanciering van migratie naar stillere vliegtuigen via een fonds en limiet op ratio QC per gewicht voor een evenwichtige aanpak. WGL toont aan dat de huidige geluidstarieven *niet* proportioneel zijn met de geluidsschade en bijgevolg de migratie naar de stilste vliegtuigen hypothekeren.

WGL stelt dat bovenstaand immissiekader een invloed zal hebben op de opbouw en vaststelling van de zoneringssystematiek die aan de basis ligt van de toepassing van maatregelen uit de pijler ruimtelijke ordening en beheer. Binnen de overige plannings- en mitigatiemaatregelen geeft WGL aan dat een zone waar een bouwstop geldt noodzakelijk is, alsook de aanduiding van een zone waar men nog kan bouwen mits het voorzien van nodige akoestische isolatie en hygiënische ventilatie in de slaapkamers.

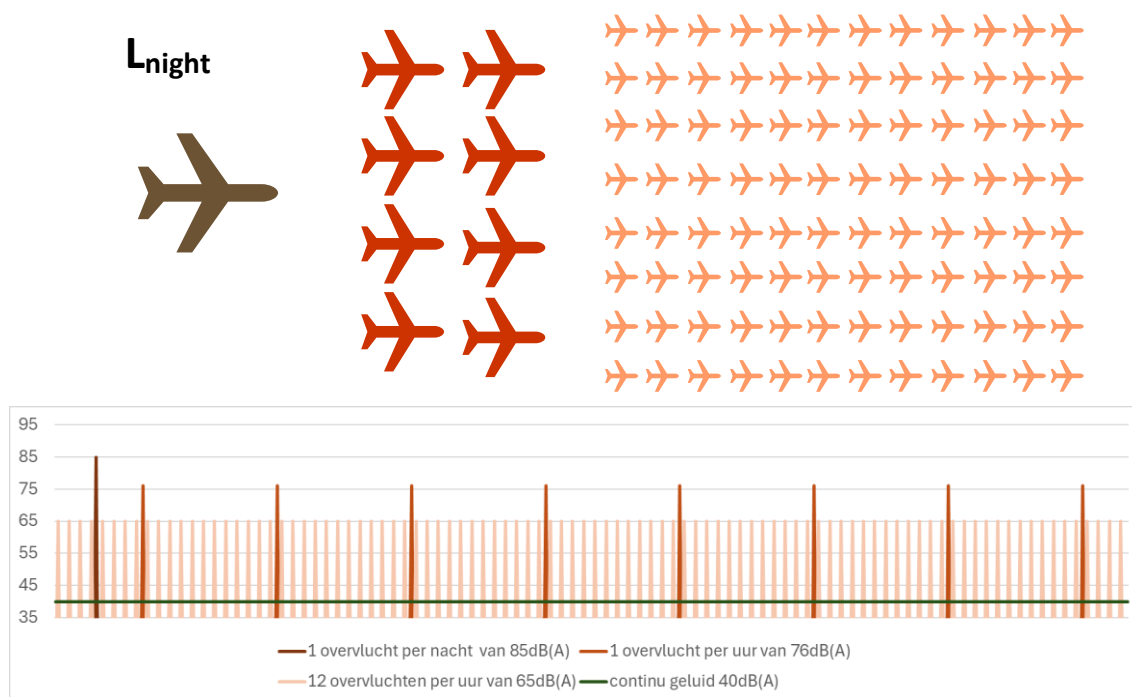
Daarnaast stelt WGL dat een beleid van ruimtelijke ordening niet enkel vanuit het perspectief van geluid dient bepaald te worden (cf. ICAO Doc.9184 en Doc.9829), maar ook in functie van het 'Third Party Risk' (TPR) bij mogelijke vliegtuigaccidenten met fataliteiten aan de grond (bij de omwonenden) en van de gezondheidsrisico's (o.m. vroeggeboortes) door luchtpollutie met 'Ultra Fijne Partikels' (UFP).

2.3 GESELECTEERDE MAATREGELEN UIT BESTAANDE VOORSTELLEN

Binnen de 2^e pijler van de Balanced Approach kunnen maatregelen genomen worden rondom de luchthaven, rekening houdende met een ruimtelijke differentiatie. **Dit gedifferentieerd ingrijpen steunt onder meer op de invoering van zoneringscriteria, die afhankelijk zijn van de geluidsimmissie. De zoneringscriteria zijn opgebouwd uit bepaalde drempelwaarden, uitgedrukt in**

Om die reden wordt binnen dit onderdeel van de studie verder ingegaan op **mogelijke aanvullende aspecten ter onderbouwing van de zoneringscriteria**.

Een equivalent geluidsniveau (vb. L_{den} , L_{night} , L_{Aeq} , ...) **laat verschillende scenario's toe**. Het equivalente geluidsniveau L_{night} creëert als het ware een geluidsruimte. Deze kan ingevuld worden met vele stille vliegtuigen of met enkele luide vliegtuigen per nacht. Zo stemt mathematisch één overvlucht van een zeer luid verouderd vliegtuig met L_{Amax} 95 dB(A), overeen met 4048 overvluchten met L_{Amax} 59 dB(A) en resulteert dit dus in eenzelfde L_{night} . Maar ook in functie van tijd kan gevarieerd worden binnen dezelfde op jaarbasis bepaalde L_{night} , zo stemt 1 zeer luide overvlucht per jaar met SEL 105 dB(A) overeen met elke nacht 100 overvluchten met SEL 60 dB(A).



Figuur 3: Schematisch voorbeeld van verschillende manieren waarop L_{night} 40 dB(A) kan bereikt worden over een nachtperiode van 8u: Van 1 zeer luide overvlucht per nacht, 1 luide overvlucht per uur tot elke 5min een matige overvlucht.

De vraag stelt zich of deze verschillende scenario's in eenzelfde mate van hinder of impact op de gezondheid vertalen:

- Een beperking van de geluidspieken stimuleert het gebruik van stillere vliegtuigen, maar houdt de mogelijkheid open voor vele stille overvluchten die volgens sommige bronnen ook als hinderlijk, mogelijks hinderlijker ervaren worden.
- Een beperking van het aantal overvluchten (=frequentie) beperkt het aantal ontwaakreacties, maar laat dan weer toe om zeer luide vliegtuigen in te zetten.

Daarnaast wordt geluidshinder niet louter veroorzaakt door blootstelling aan geluid, maar omvat geluidshinder ook de subjectieve waardering van het geluid door de ontvanger. Naast de blootstelling aan geluid spelen ook niet-akoestische factoren een rol zoals het type bron, het heersende achtergrondgeluidsniveau, gewenning, de mate van informatie die door de luchthaven en

de autoriteiten wordt verstrekt, De relatie tussen blootstelling aan geluid en geluidsoverlast is onder meer afhankelijk van culturele aspecten.

Reeds in 1999 werd in de WHO richtlijn over omgevingsgeluid aangegeven dat de gezondheidsrepercussie van geluid bepaald wordt door vijf parameters, nl. het gemiddelde geluidsdrukniveau, de piekintensiteit, het aantal gebeurtenissen, het verschil tussen pieklawaai en niveau van achtergrondlawaai en de frequentie-inhoud (spectrum) van de gebeurtenis.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p VII

Most environmental noises can be approximately described by several simple measures. All measures consider the frequency content of the sounds, the overall pressure levels and the variation of these levels with time.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p VIII

However, when there are distinct events to the noise, as with aircraft noise or railway noise, measures of individual events such as the maximum noise level (L_{Amax}), or the weighted sound pressure level (SEL), should also be obtained in addition to $L_{Aeq,T}$.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p X

Sleep disturbance ... The difference between the sound levels of a noise event and background sound levels, rather than the absolute noise level, may determine the reaction probability. The probability of being awakened increases with the number of noise events per night.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p XIII

Annoyance.... For intermittent noise, it is emphasized that it is necessary to take into account both the maximum sound pressure level and the number of noise events.

Verder komt ook het aspect gewinning in de bestaande voorstellen aan bod.

In aanvulling op de equivalente geluidsniveaus die gangbaar gehanteerd worden (zie ook DEEL1), worden daarom in voorliggend rapport volgende aspecten onderzocht:

- Invloed maximale geluidsniveaus
- Invloed frequentie van geluidspieken
- Invloed achtergrondgeluidsniveau
- Invloed gewenning

Waarbij de focus ligt op het effect op slaapverstoring tijdens de nachtperiode.

Op de invloed van spectrum wordt niet dieper ingegaan in voorliggend document. Dit wordt onderbouwd gezien de richtlijnen rond vliegtuiglawaai het gebruik van een A-weging opleggen en geen van de onderzochte landen een specifieke aanpak in functie van het spectrum hanteren. Dit ligt in lijn met het feit dat de WHO geen duidelijke uitspraak doet over hoe het aspect spectrum. Dit kan aldus als “onzeker” wetenschappelijk bewijs beschouwd worden. Aanvullend onderzoek spectrum valt niet binnen de reikwijdte van voorliggende studie.

Voorliggend document baseert zich voor de evaluatie van bovenliggende aspecten op enkele toonaangevende studies, aangevuld met verwijzingen vanuit de bevroagde groepen. Echter werden niet alle documenten waarnaar verwezen werd tot in detail doorgenomen of bijkomend wetenschappelijk bewijs verzameld, gezien de scope van de studie. Voorliggend document beoogt aldus geen volledige systematische review te vormen, maar eerder een overzicht te geven van mogelijke denkpistes alsook een aanzet tot verder onderzoek.

3.1 ALGEMENE PRINCIPES

Binnen de 2^e pijler van de Balanced Approach kunnen onder meer maatregelen genomen worden rondom de luchthaven, rekening houdende met een ruimtelijke differentiatie. **Dit gedifferentieerd ingrijpen steunt op de invoering van zoneringscriteria, die afhankelijk zijn van de geluidsmissie. De zoneringscriteria zijn opgebouwd uit bepaalde drempelwaarden, uitgedrukt in een gekozen geluidsindicator.** Wanneer deze drempelwaarden overschreden worden, zijn hieraan specifieke maatregelen gekoppeld. Naast praktische en economische afwegingen, is het uiteraard ook van belang dat deze drempelwaarden aansluiten bij de ondervonden hinder.

Om die reden wordt in volgend hoofdstuk dieper ingegaan op **mogelijke aanvullende aspecten ter onderbouwing van de zoneringscriteria, nl.** de piekintensiteit, het aantal gebeurtenissen, het verschil tussen pieklawaai en niveau van achtergrondlawaai en gewenning. Voorliggend rapport analyseert immers of en hoe deze aspecten eventueel in rekening gebracht kunnen worden bij het vastleggen van zoneringscriteria om ruimtelijk in te grijpen.

Belangrijk is op te merken dat voorliggend rapport kadert binnen de studie 'Ruimtelijke ordening en beheer als onderdeel van de evenwichtige aanpak om de geluidsproblematiek van de luchthaven Brussel-Nationaal aan te pakken', waarbij enkel pijler 2 van de Balanced Approach wordt behandeld.

Het **opleggen van immissienormen om het geluidsniveau te sturen en te reduceren**, is geen onderdeel van pijler 2. In tegenstelling tot zoneringsindicatoren met bijhorende drempelwaarden die enkel gehanteerd worden om verschillende zones in te delen (*binnen een afgesproken immissiekader*) waaraan vervolgens verschillende maatregelen gekoppeld zijn en waarbij de drempelwaarden per definitie worden overschreden, zijn de immissienormen grenswaarden voor de (toegestane) geluidsimmissie van vliegtuigbewegingen, die bij overschrijding specifieke maatregelen vragen. Deze maatregelen kunnen zich binnen meerdere pijlers van de Balanced Approach situeren. Op deze manier kunnen immissienormen een 'sturende' werking hebben op de andere pijlers.

Voorliggend rapport dient dus gelezen te worden, niet in het kader van een sturing van het geluidsniveau aan de hand van immissienormen, maar in het kader van het vastleggen van verscheidene zones bepaald door één of meerdere geluidsindicatoren of aanvullende aspecten, waarbij binnen de verschillende zones gedifferentieerde maatregelen worden opgelegd op planningsniveau (om het aantal bewoners binnen de zones te reduceren of niet te laten toenemen) en op mitigerend niveau (om de bestaande bewoners binnen de zones te beschermen).

3.2 OVERZICHT ZONERINGSPARAMETERS GEHANTEERD VOOR 5 ONDERZOCHE LUCHTHAVENS UIT DEEL 1

Elke land hanteert een eigen logica voor de opbouw van de zoneringskaarten horende bij hun aanpak van het beheersen van de ruimtelijke ordening in de omgeving van de luchthaven. Hierbij is er een sterk verschil tussen de parameter die gehanteerd wordt, alsook de logica van de opbouw van de kaarten. De rol van geluidszonering volgens de manual van de International Civil Aviation Organization¹⁰ luidt als volgt :

“De opbouw van de zonering is onlosmakelijk verbonden met de **verwachte geluidsdruk**, specifieke **bestaande ruimtelijke ordening** en de bijhorende **gewenste maatregelen**. Het is daarom logisch om meerdere zones te hebben: van een zone met hogere geluidshinder en zwaardere maatregelen tot een zone met lagere geluidshinder en bijgevolg minder zware maatregelen. De gehanteerde parameters vormen vaak hierdoor een logische progressie. Het toegestane landgebruik staat in relatie tot de gevoeligheidsgraad ten opzichte van geluidshinder. Binnen de planningsmaatregel wordt er gefocust op nieuwe functies of herbestemmingen. Een leefbare omgeving vraagt wel om voldoende functies, nieuwe functies toestaan indien voldoende performante akoestische gevelisolatie wordt voorzien.”

Gezien geluidszonering verankerd is in de landelijke of gewestelijke wetgeving, ordenen we de 5 luchthavens per land of gewest:

Geluidszonering	Zwitserland (Zürich / Bazel-Mulhouse)	Duitsland* (Düsseldorf)	Frankrijk (Parijs-Orly / Bazel-Mulhouse)	Wallonië* (Luik-Bierset)
Aantal kaarten (steeds projectie)	4 kaarten (afhankelijk van gevoeligheidsklasse: wonen, industrie, ...)	1 kaart met projectie voor 10 jaar	2 kaarten: lange termijn (PDLT) en korte termijn (PEB)	2 kaarten: lange termijn (PEB) en korte termijn (PDLT)
Aantal zones	3 zones	3 zones	2,3 of 4 zones/kaart (aantal is afhankelijk van de luchthaven)	4 zones/kaart
o.b.v. indicator	L _{rt} L _{rn}	L _{Aeq,tag} L _{Aeq,nacht} NAT	L _{den}	L _{den}
Totaal aantal verschillende drempelwaarden	24 (= 4x3x2) drempelwaarden	4 drempelwaarden Strengere waarden voor nieuwe luchthavens	Maximaal 10 (= 2x5) drempelwaarden (variatie per luchthaven mogelijk)	10 (= 2x5) drempelwaarden
Uitzondering voor specifiek onderzochte luchthaven	Zürich Schutzkonzept Sud: 1 zone, 2 parameters: L _{Aeq,6u-7u} en NAT 2 drempelwaarden	2 extra zones: nachtzone en compensatiegebied buiten <i>Geen informatie over gehanteerde indicatoren en drempelwaardes</i>	Luchthaven Parijs-Orly heeft maar 2 actieve zones door een wens voor verdere ontwikkeling van de omgeving	

(*) Indien eigenaars buiten de zones (i.k.v Düsseldorf en Luik-Bierset) of op de grens tussen 2 zones (i.k.v. Luik-Bierset) kunnen aantonen aan de hand van testen en metingen dat hun werkelijke hinder aansluit met een hogere hinderklasse, hebben ze recht op de maatregelen voorzien voor deze hogere klasse.

Tabel 1: Overzicht geluidszonering in onderzochte landen.

Bijkomende uitleg per land en luchthaven is weergegeven in hoofdstuk 4 Waar ingrijpen? Geluidszonering in DEEL 1 van voorliggende studie.

¹⁰ Uit: (International Civil Aviation Organization, 2018).

4 ANALYSE MOGELIJKE AANVULLENDE ASPECTEN TER ONDERBOUWING VAN DE ZONERINGSINDICATOREN

In voorliggend hoofdstuk wordt verder ingegaan op **mogelijke aanvullende aspecten op het gebruik van L_{den} en L_{night} en dit ter onderbouwing van de gewenste zoneringsindicatoren.**

4.1 INVLOED VAN MAXIMAAL GELUIDSNIVEAU EN FREQUENTIE

4.1.1 Maximaal geluidsniveau

Een beperking van de niveaus van de geluidspieken stimuleert het gebruik van stillere vliegtuigen, maar houdt de mogelijkheid open dat in dezelfde geluidsruimte één vliegbeweging door een luid vliegtuig kan vervangen worden door meerdere vliegbewegingen met stillere vliegtuigen.

De intensiteit van een optredende geluidsgebeurtenis of event (overvlucht) kan gekarakteriseerd worden door “single event indicatoren”. L_{Amax} is een maat voor het maximale geluidsniveau, terwijl SEL (Sound Exposure Level) een dosis-energie maat is, waarbij ook blootstellingsduur in rekening gebracht wordt.

Verschil L_{Amax} versus SEL

Gemiddeld ligt de SEL-waarde ca. 10 dB hoger dan de L_{Amax} -waarde, maar dit verschil is afhankelijk van de snelheid, de hoogte, het vermogen waarmee een vliegtuig vliegt en de afstand tot de ontvanger. Welke van beide parameters best aansluit bij de geluidshinder is niet éénduidig te stellen. Beide parameters worden als volgt beïnvloed bij verschillende omstandigheden¹¹ bij een overvlucht van één vliegtuig, steeds in de veronderstelling dat slechts één van de parameters (afstand, hoogte, vermogen, snelheid) verandert:

- Wanneer lager gevlogen wordt, zal L_{Amax} toenemen. Ook SEL neemt toe, maar in een mindere mate, gezien het geluidsniveau dan toeneemt, maar de tijdsduur waarover geïntegreerd wordt, afneemt.
- Wanneer sneller gevlogen wordt, blijft L_{Amax} gelijk, maar zal de SEL afnemen, gezien het geluidsniveau ongeveer gelijk blijft maar de tijdsduur waarover geïntegreerd wordt, afneemt.
- Als er met meer vermogen gevlogen wordt, zullen zowel L_{Amax} als SEL verhogen. Het geluidsniveau neemt toe en de tijdsduur waarover geïntegreerd wordt blijft gelijk.
- Als het immissiepunt zich verder van de vluchtroute bevindt, zal L_{Amax} afnemen. Ook SEL neemt af, maar in een mindere mate, gezien het geluidsniveau dan afneemt, maar de tijdsduur waarover geïntegreerd wordt, toeneemt.

											
L _{Amax}	↑↑	L _{Amax}	=	L _{Amax}	↑	L _{Amax}	↑	L _{Amax}	↓↓	L _{Amax}	↓↓
SEL	↑	SEL	↓	SEL	↑	SEL	↑	SEL	↓	SEL	↓

Tabel 2: impact vlieghoogte, snelheid, vermogen, afstand op SEL en L_{Amax}

¹¹ Presentatie NLR_uitleg SEL versus L_{Amax} , met als illustratie een jachtvliegtuig. De toepasselijkheid ervan (en de veronderstelde variabiliteit in de relatie L_{Amax} - SEL)) is minder relevant voor commercieel vliegverkeer op een luchthaven dat steeds opgelegde vliegprocedures volgt. Hier speelt vooral de afstand als invloeds criterium.

L_{Amax} : Het maximum geluidsniveau in dB(A) dat wordt gemeten tijdens de passage van een vliegtuig. In het kader van vliegtuiggeluid (cfr ISO 20906) ook geschreven als $L_{Aeq,1s,max,T}$ of L_{ASmax} (tijdsweging slow)..

SEL: Sound Exposure Level: het akoestisch blootstellingsniveau. Het integreert zowel het geluidsniveau als de duur gedurende dewelke het geluid aanwezig is. Het SEL wordt gedefinieerd als het constante niveau tijdens een seconde dat over dezelfde geluidsenergie beschikt als het originele geluid dat gedurende een bepaalde duur werd gehoord. SEL wordt berekend volgens de formule:

$$SEL = L_{Aeq,t} + 10 \cdot \log(t)$$

waarbij t = duur van het evenement uitgedrukt in seconden.

Deze parameter kan op verschillende manieren gedefinieerd worden afhankelijk van de blootstellingsduur die in rekening gebracht wordt.

Algemene definitie

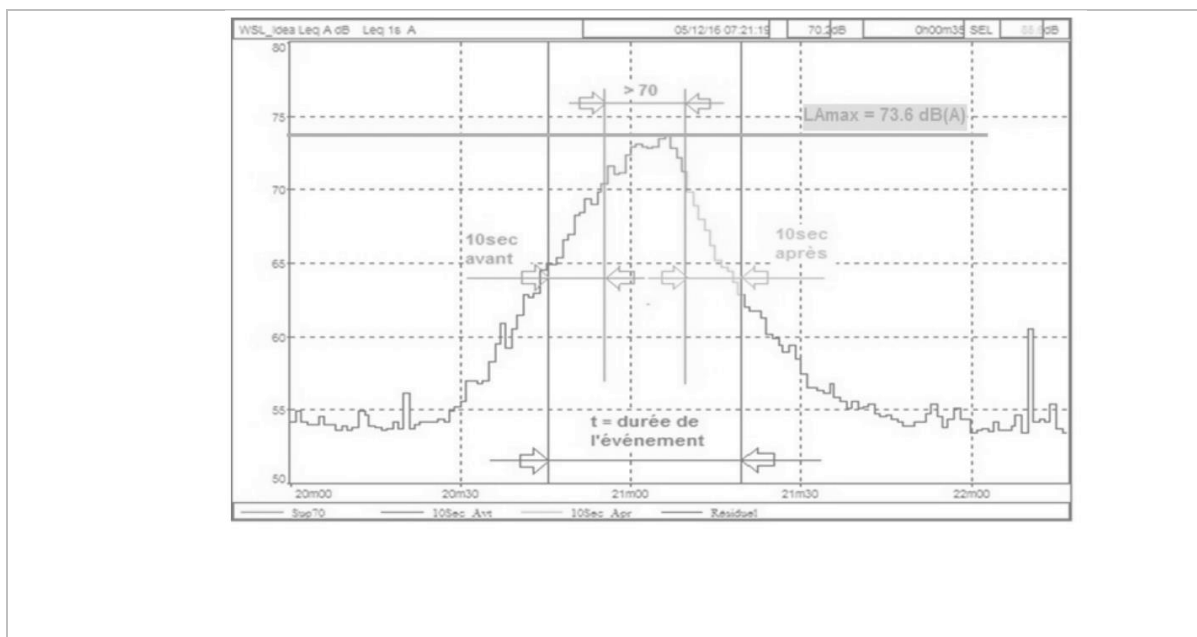
waarbij de integratietijd bepaald is op basis van de 10 dB downtime value ($L_{Amax}-10$ dB), d.w.z. dat rekening gehouden wordt met een periode t bepaald door de tijdstippen waarop het geluidsniveau 10 dB(A) onder het maximale geluidsniveau komt.

Praktisch kunnen ook langere integratietijden toegepast worden in functie van de gehanteerde definitie van de duur T_i van een geluidsgebeurtenis (cfr ISO 20906) .

Definitie in het kader van wetgeving Brussel Hoofdstedelijk Gewest

Het BHG gebruikt in het kader van haar wetgeving¹² een andere definitie van het SEL-niveau waarbij de integratietijd niet bepaald is op basis van de 10 dB downtime value ($L_{Amax}-10$ dB), maar op een verlengde duur van 10 s voor en na overschrijding van een vaste waarde van 70 dB (zie definities onder Art. 1.3). In de Brusselse wetgeving wordt het L_{evt} -niveau (= SEL) enkel berekend voor vliegtuigpassages die een L_{Amax} niveau van 70 dB of hoger produceren. Dit blijkt uit de definitie van een 'gebeurtenis' onder art. 1.2 : de overvlucht van een vliegtuig waarbij een geluidsniveau van meer dan 70 dB(A) wordt geproduceerd, gemeten in $L_{Aeq,1sec}$. Meer informatie kan gevonden worden in informatiefiches van BHG¹³.

¹³ Microsoft Word - Bru_39_2024_FINAL; Quelles procédures en cas d'infractions liées au bruit des avions ? | Citoyen - Bruxelles Environnement



Tabel 3: Definitie parameters L_{Amax} en SEL

Ter info: Andere parameters¹⁴ die een **maximaal geluidsniveau**, zoals L_{Amax} , beschrijven zijn:

PNL: Perceived Noise Level (PNL)

Berekend uit de gemeten geluidsniveaus in terts- en octaafbanden en gebruikt in de geluidscertificering van door turbojets gedreven vliegtuigen en grote propeller gedreven transport. Bij benadering is dit ca. 13 dB(A) hoger dan het gemeten A-gewogen geluidsniveau.

PNLT: Tone Corrected Perceived Noise Level

Het geluidsniveau PNL gecorrigeerd voor tonale componenten (aanwezigheid van duidelijke frequentie componenten).

Ter info: Andere parameters¹⁵ die een **energiedosis**, zoals SEL, beschrijven zijn:

EPNL: Effective Perceived Noise Level

Een maat voor het geluid van een overvlucht die de reacties van menselijke overlast benadert. Het is afgeleid van PNL en PNLT en bevat correctietermen voor de duur van een vliegtuigvlucht en de aanwezigheid van hoorbare zuivere tonen of discrete frequenties (zoals het huilen van een straalvliegtuig) in het ruissignaal. De EPNL wordt gebruikt als de geluidscertificeringsmaatstaf voor grote transport- en turbojetvliegtuigen en helikopters.

Dit wordt uitgedrukt in EPNdB

¹⁴ Uit : Europese Commissie/DG-TREN-F3 (2004). Study on the different aspects of Noise Limits at Airports, p4

¹⁵ Uit : Europese Commissie/DG-TREN-F3 (2004). Study on the different aspects of Noise Limits at Airports, p4

Toepassing van single event gebeurtenissen in de vorm van immissienormen in België

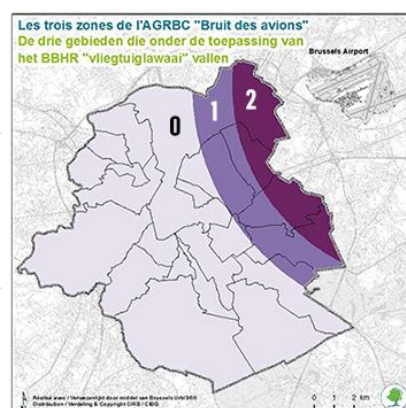
Het Waalse gewest kent een geluidsimmissienorm conform artikel 4 § 7 van de wet betreffende geluidshinder¹⁶ die een beperking oplegt aan het maximale geluidsniveau per overvlucht, nl. $L_{Amax,1s}$, tijdens de dagperiode (7h-23h) enerzijds en tijdens de nachtperiode (23h-7h) anderzijds afhankelijk van de ligging van het immissiepunt¹⁷. Het betreft een maximaal geluidsniveau dat niet of slechts minimaal mag overschreden worden tijdens een passage van een vliegtuig. De toegestane overschrijdingen van de toepasselijke drempelwaarden per zone (en bijhorende sancties) zijn nader vastgesteld onder art. 6 §3 van het Waalse Decreet van 23 juni 1994¹⁸ en latere aanpassingen. Het maximale geluidsniveau wordt gemeten tijdens een passage van een vliegtuig op vaste meetposten.

L_{Amax} et zones du PDLT		
	07h00-23h00	23h00-07h00
Zone A	—	—
Zone B	$L_{Amax} \leq 93dB$	$L_{Amax} \leq 87dB$
Zone C	$L_{Amax} \leq 88dB$	$L_{Amax} \leq 82dB$
Zone D	$L_{Amax} \leq 83dB$	$L_{Amax} \leq 77dB$

Tabel 4: Geluidsimmissienormen rond de luchthaven Luik-Bierset

Ook het Brussels Hoofdstedelijk Gewest kent zulke immissienorm, maar dan uitgedrukt in SEL. Deze norm is van toepassing in geografisch afgebakende gebieden (gebied 0, 1 en 2) rond de luchthaven, in de buitenomgeving zoals nader gedefinieerd in hun wetgeving. Sinds 2017 volgt bij elke overschrijding van meer dan 2 dB(A) een sanctie (PV van boete). De toegepaste marge van nog 2 dB(A) maakt het mogelijk om eventuele meteorologische onzekerheden (meetonnauwkeurigheid) op te vangen.

Zone	0	1	2
Dag (7u00–23u00)	80 dB(A)	90 dB(A)	100 dB(A)
Nacht (23u00–7u00)	70 dB(A)	80 dB(A)	90 dB(A)



Tabel 5: (Links): Geluidsimmissienormen rond de luchthaven Brussel Nationaal van toepassing binnen het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – (Rechts): Aanduiding 3 geluidszones

¹⁶ Wet geluidshinder 8 juli 1973 (lutte contre le bruit) - Update via Decreet van 29 april 2004 en bijhorend uitvoeringsbesluiten

¹⁷ Meer informatie betreffende de zonering rond de luchthaven van Luik-Bierset kan teruggevonden worden in het rapport DEEL 1 van deze studie.

¹⁸ Waals Decreet van 23 juni 1994 (Décret relatif à la création et à l'exploitation des aéroports et aérodromes relevant de la Région wallonne)

4.1.1.1 Belang van deze parameter

WHO 1999

Reeds in 1999 werd in de WHO richtlijn over omgevingsgeluid¹⁹ aangegeven dat de gezondheidsrepercussie van geluid bepaald wordt door vijf parameters, waaronder de piekintensiteit van een gebeurtenis. Specifiek in het kader van slaapverstoring werden toen reeds bijkomende parameters geadviseerd.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p XII

Sleep Disturbance: Sleep disturbance from intermittent noise events increases with the maximum noise level. Even if the total equivalent noise level is fairly low, a small number of noise events with a high maximum sound pressure level will affect sleep. Therefore to avoid sleep disturbance guidelines for community noise should be expressed in terms of the equivalent sound level – L_{night} – of the noise, as well as in terms of maximum noise levels – L_{Amax} of SEL – and the number of noise events.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p VIII

However, when there are distinct events to the noise, as with aircraft noise or railway noise, measures of individual events such as the maximum noise level (L_{Amax}), or the weighted sound pressure level (SEL), should also be obtained in addition to $L_{Aeq,T}$.

Ook in functie van hinder (dus niet louter tijdens de nacht) worden bijkomende parameters, waaronder het maximale geluidsniveau aanbevolen.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p XIII

Annoyance: For intermittent noise, it is emphasized that it is necessary to take into account both the maximum sound pressure level and the number of noise events.

In deze richtlijn werd toen gesteld dat een piekgeluid met L_{Amax} aan de gevel 's nachts vanaf 60 dB(A) (45 dB(A) in slaapkamer) een ontwaakreactie kan veroorzaken.

(WHO, Guidelines for community noise, 1999) , p 58

*If the noise is not continuous, L_{Amax} or SEL are used to indicate the probability of noise-induced awakenings. Effects have been observed at individual L_{Amax} exposures of 45 dB or less. Consequently, **it is important to limit the number of noise events with a L_{Amax} exceeding 45 dB.** Therefore, the guidelines should be based on a combination of values of 30 dB $L_{Aeq,8h}$ and 45 dB L_{Amax} .*

Deze waarden werden in de loop der tijd geleidelijk aan bijgestuurd met aanvullende richtlijnen van de Europese afdeling van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO, Europe) voor toepassing binnen de EU-lidstaten.

Specific environment	Critical health effect(s)	L_{Aeq} [dB(A)]	Time base [hours]	L_{Amax} fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening Moderate annoyance, daytime and evening	55 50	16 16	- -
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	-
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-

¹⁹ Uit: WHO, Guidelines for community noise, 1999)

The 1999 guidelines are based on studies carried out up to 1995 (and a few meta-analyses some years later). **Important new studies (Passchier-Vermeer et al., 2002; Basner et al., 2004) have become available since then, together with new insights into normal and disturbed sleep. New information has made more precise assessment of exposure-effect relationship.** The thresholds are now known to be lower than L_{Amax} of 45 dB for a number of effects. The last three sentences still stand: there are good reasons for people to sleep with their windows open, and to prevent sleep disturbances one should consider the equivalent sound pressure level and the number of sound events. The present guidelines allow responsible authorities and stakeholders to do this. Viewed in this way, the night noise guidelines for Europe are complementary to the 1999 guidelines. This means that the recommendations on government policy framework on noise management elaborated in the 1999 guidelines should be considered valid and relevant for the Member States to achieve the guideline values of this document.

In 2018 volgde een nieuwe aanvulling en update van de richtlijn²² voor omgevingsgeluid, waarin een richtwaarde van L_{den} 45 dB(A) en L_{night} 40 dB(A) werden opgenomen (buiten aan de gevel zonder gevelreflectie)²³. Tevens werden nieuwe dosis-respons relaties gepubliceerd voor wat betreft ernstig gehinderden (%HA) en ernstig slaapverstoorden (%HSD).

In many situations, average noise levels like the L_{den} or L_{night} indicators may not be the best to explain a particular noise effect. Single-event noise indicators – such as the maximum sound pressure level ($L_{A,max}$) and its frequency distribution – are warranted in specific situations, such as in the context of night-time railway or aircraft noise events that can clearly elicit awakenings and other physiological reactions that are mostly determined by $L_{A,max}$.

The assessment of the relationship between different types of single-event noise indicators and long-term health outcomes at the population remains tentative. **The guidelines therefore make no recommendations for single-event noise indicators.**

The causal link between immediate physiological reactions and long-term adverse health effect is complex and difficult to prove... Nevertheless the evidence review on noise and sleep (Basner & McGuire, 2018) includes an overview of single-event exposure-effect relationships.

pagina 31 van 75

	<u>Buiten aan gevel</u>		Veronderstelde geluidswering ²⁵	<u>Binnen in slaapkamer</u>	
	Equivalente niveaus	Piek niveaus		Equivalente niveaus	Piek niveaus
WHO 1999	L _{Aeq} 45 dB(A)	L _{Amax} 60 dB(A)	15 dB bij raam in kipstand	L _{Aeq} 30 dB(A)	L _{Amax} 45 dB(A)
WHO NNGL 2009	L _{night} 40 dB(A)	L _{Amax} 58 dB(A)	15 dB bij raam in kipstand	L _{night} 25 dB(A)	L _{Amax} 42 dB(A)
WHO 2018	L _{night} 40 dB(A)	-	15 dB bij raam in kipstand	L _{night} 25 dB(A)	-

(*) Grijze waarden worden niet als dusdanig in de richtlijnen vermeld, maar worden afgeleid uit de correlatie tussen binnen- en buitenniveau (nl. 15 dB geluidswering bij een raam in kipstand).

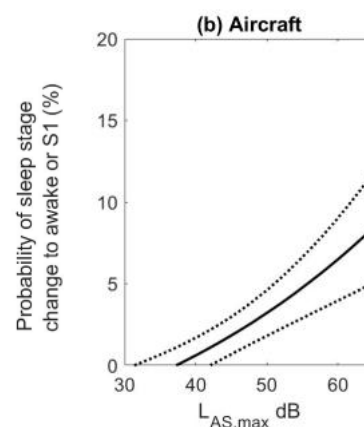
Tabel 8: Overzicht richtwaarden cfr WHO 1999 – 2009 – 2018

Overig onderzoek

Cfr de presentatie van WGL stelt (Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018), dat ontwaakreacties reeds optreden vanaf L_{Amax} 38 dB(A) (ontwaken tot S1 en bewust ontwaken), zoals weergegeven in figuur 4²⁶. Basner merkt hierbij op dat dit mogelijks niet representatief is voor de algemene populatie, gezien dit slechts gebaseerd is op 2 studies van voldoende kwaliteit met respectievelijk 64 en 33 personen (geen kinderen, ouderen, noch chronisch zieken).

(Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018) chapter 2.4

These studies often only include healthy individuals without sleep disorders. Due to the high methodological expense, sample sizes are typically low. Therefore, the results may not be representative of the effects of noise on sleep in the general population.



Figuur 4: De kans dat de slaapfase veranderd in bewust ontwaken, in relatie tot $L_{AS,max}$

WGL geeft in hun advies²⁷ een richtwaarde van L_{Amax} 65 dB(A) aan de gevel aan voor piekgeluid bij gesloten ramen en een richtwaarde van L_{Amax} 50 dB(A) bij ramen in kipstand, voortbouwend op deze waarde voor ontwakken van 38 dB(A) van Basner:

De WHO wijst op de beperking van een gemiddelde als indicator van geluidsbelasting, zoals L_{night} , en in het bijzonder op het gevaar van overmatig piekgeluid met risico op schadelijke ontwaakreacties. Daarom stelt WGL een additioneel geluidsrapport voor. **De waarde van 65 L_{Amax} is gelijk aan de piekwaarde 38 dB binnenskamers waarbij significante ontwaakreacties bij vliegverkeer ontstaan (cf. WHO Systematic Review 2018) + 30 dB geluidsisolatie van een gesloten raam (cf. NBN) - 3 dB geluidsreflectie.** Deze grenswaarde geldt als alarmpremier die aangeeft dat een gewone en goed afgewerkte woning geen bescherming meer biedt zelfs bij gesloten ramen in de slaapkamers (met noodzaak van hygiënische

²⁵ Geluidwering gedefinieerd als het verschil tussen invallend geluid (de gevelbelasting) en het optredende binnenniveau (cfr. Nederlandse wetgeving met eisen voor de karakteristieke geluidwering van een gevel $G_{d,k}$).

²⁶ Uit: (Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018), p12/45

²⁷ Uit: (WGL, WGL Advies voor geluidbeheer Brussels Airport 2022+, 2022A), p3

ventilatie en eventuele afkoeling). Bij ramen in kipstand daalt de isolatiewaarde van het raam met 15 dB en wordt de limietwaarde 50 L_{Amax} .

Mogelijks wordt in deze redenering de geluidswering van een standaardwoning overschat. In de huidige situatie zullen vele bestaande woningen deze geluidsisolatie D_{Atr} van 30 dB (overeenkomstig met een geluidswering van 27 dB)²⁸ niet bereiken, wanneer geen specifieke aandacht werd besteed aan de gevelisolatie. Vanaf 2008 is de woningnorm NBN S01-400-1(2008) van toepassing, waarin een minimale gevelgeluidsisolatie per gevelvlak $D_{Atr} \geq 26$ dB wordt opgelegd. Indien hogere equivalente geluidsniveaus aanwezig zijn, dient de geluidsisolatie daarop afgestemd te worden. In 2022 kreeg deze norm een update en werd de minimale eis opgetrokken tot $D_{Atr} \geq 28$ dB²⁹ en werden tevens advieswaarden opgenomen in functie van geluidspieken van spoor en vliegverkeer. Echter gezien de normen geen wettelijke verplichting zijn, werden vele woningen (voornamelijk ééngezinswoningen) steeds gebouwd zonder hiermee rekening te houden.

END richtlijn 2002

In 2002 werd een Europese richtlijn END 2002/49/EC³⁰ ingevoerd inzake de evaluatie en beheersing van het omgevingsgeluid. Hierin wordt het gebruik van de indicatoren L_{night} en L_{den} verplicht. Actie Noordrand stelt dat het gebruik van bijkomende parameters initieel was opgenomen bij de ontwikkeling van de Richtlijn, maar dat deze niet weerhouden zijn o.a. onder druk van de economie/luchthavens, waarbij verwezen wordt naar een kritische analyse van Dobruszkes en medewerkers (ULB)³¹. De Europese richtlijn voor omgevingslawaai laat het gebruik van bijkomende parameters wel toe.

(Goethals, 2023)

Gemakshalve, en omdat de Europese regelgeving betreffende de beheersing van het omgevingslawaai de lidstaten enkel verplicht om in de geluidskaarten en plannen de jaargemiddelde geluidsbelasting weer te geven in L_{night} en L_{den} , zijn dit meteen ook de meest gebruikte en vaak de enige geluidsparameters. **De EU-richtlijn laat de lidstaten nochtans vrij om bijkomend andere parameters te gebruiken en/of andere definities voor de nacht (bv. van 22 u tot 6 u of tot 7 u).**

(Wyckaert, LAmax of aantal overvluchten of concentratie versus spreiding in een dichtbevolkt gebied), p4/11:

In 2002 wordt de END 2002/49/EC of eerste 'Environmental Noise Directive' van kracht die het opstellen van geluidskaarten en geluidsactieplannen verplicht maakt voor grote luchthavens, verkeersassen en agglomeraties met de bedoeling de lawaaioverlast in kaart te brengen en d.m.v. de actieplannen te reduceren. Daarin worden spijtig genoeg als verplichte noise indicators enkel L_{night} en L_{den} opgenomen. Dobruszkes en medewerkers (ULB) maakten een kritische analyse van de opgenomen debatten tussen Europese Commissie, Europese Raad van ministers en Europees Parlement, die eraan voorafgingen. Zij stellen dat het enkel verplicht opnemen deze 'averaged noise indicators' het resultaat is van lobbywerk van de luchtvaartsector op niveau van de Europese Raad van ministers, die ervoor gezorgd hebben dat andere noise indicators zoals L_{Amax} en aantal overvluchten werden geweerd uit de END (in weerwil van wat in de WGO richtlijn van 1999 werd vooropgesteld cfr. supra). Het spreekt voor zich dat de L_{night} en L_{den} noise indicators vooral garant staan voor een groeiscenario van de sector: door geen grenswaarde op aantal of L_{Amax}/SEL te kleven kan groei gerealiseerd worden die vrijwel ongelimiteerd is gezien de logaritmische decibelschaal.

²⁸ Geluidwering (cfr. Nederlandse wetgeving met eisen voor de karakteristieke geluidwering van een gevel $G_{A,K}$) gedefinieerd als het verschil tussen buitenniveau zonder gevelreflectie en binnenniveau.

Gestandaardiseerde geluidsisolatie van de gevel (D_{Atr} volgens NBN S01-400-1) gedefinieerd als het verschil tussen het niveau 2 m voor de gevel (dus inclusief gevelreflectie) en het binnenniveau.

Voor de gevelreflectie of het verschil tussen 'geluidsisolatie' en 'geluidwering' van de gevel kan standaard uitgegaan worden van 3 dB.

²⁹ De minimale eis werd ingevoerd omwille van privacyoverwegingen (niet in functie van geluidwering van geluid van buitenaf), rekening houdende met economische overwegingen om het gebruik van ventilatieroosters nog steeds toe te laten.

³⁰ Uit: (END. 2002)

³¹ When environmental indicators are not neutral Assessing aircraft noise assessment in Europe | Air Transport Management 2020

Overige aandachtspunten

Zoals hoger aangegeven geeft de WHO in de richtlijn van 2018³³ aan dat bijkomende onderzoek nodig is om een correcte aanbeveling te kunnen maken voor waarden voor L_{Amax} .

De evaluatie van het piekgeluidsniveau L_{Amax} kan enkele praktische moeilijkheden met zich meebrengen, zoals waar evalueren, hoe evalueren aan de hand van metingen of berekeningen, ... Deze essentiële aspecten in functie van de operationalisering van een zonerings- of immissiekader steunend op de evaluatie van piekgeluiden worden echter niet beoordeeld in het kader van deze studie.

Geen van de onderzochte bronnen of aangereikte adviezen door de ondervraagde groepen geven verder specifieke aandachtspunten aan bij de interpretatie of het gebruik van piekgeluiden.

4.1.1.3 Samenvattend

Het belang van piekniveaus als bijkomende parameter werd reeds vanaf 1999 aangegeven in de richtlijnen van de WHO. De waarde van L_{Amax} werd aangepast in de loop der tijd van 45 dB(A) L_{Amax} in de slaapkamer in 1999³⁴, naar 42 dB(A) L_{Amax} in 2009³⁵, waarbij in de richtlijn van de WHO in 2018³⁶ opgemerkt wordt dat er eigenlijk onvoldoende wetenschappelijk onderzoek is om een correcte aanbeveling te kunnen maken voor waarden voor L_{Amax} . Basner³⁷ suggereert ontwaakreacties vanaf een binnenniveau L_{Amax} 38 dB(A), hoewel dit onderzoek mogelijks niet representatief is voor de globale bevolking.

Bij de omzetting van een maximaal geluidsniveau in de slaapkamer naar een maximaal geluidsniveau buiten dat gemakkelijker kan getoetst worden, is een veronderstelling nodig van de geluidswering. Bij een open raam in kipstand, wordt dit verondersteld als 15 dB.

Vanuit gezondheidskundig onderzoek lijkt er geen tegenargument te zijn om piekniveaus niet in rekening te brengen, maar over de waarde is geen éénduidige consensus.

4.1.2 Overvluchtfrequentie

De frequentie van overvluchten houdt het aantal overvluchten in. Hiervoor is het nodig te definiëren welke vluchten worden meegenomen en worden gedefinieerd als een “luide” overvlucht.

Louter een beperking van het aantal overvluchten beperkt het aantal ontwaakreacties, maar laat wel toe om zeer luide vliegtuigen in te zetten, wanneer naast het aantal geen beperking wordt opgelegd aan de maximale waarde van elke overvlucht.

Voorbeeld: een beperking van max 50 overvluchten met $L_{Amax} \geq 60$ dB(A), kan ingevuld worden met 50 zeer luide overvluchten met $L_{Amax} = 85$ dB(A) of met 50 overvluchten met $L_{Amax} = 61$ dB(A). Beide scenario's resulteren uiteraard in een verschillende mate van hinder of effect op de gezondheid.

³³ Uit: (WHO, Environmental noise Guidelines for the European Region, 2018)

³⁴ Uit: (WHO, Guidelines for community noise, 1999)

³⁵ Uit: (WHO, Night Noise Guidelines for Europe, 2009)

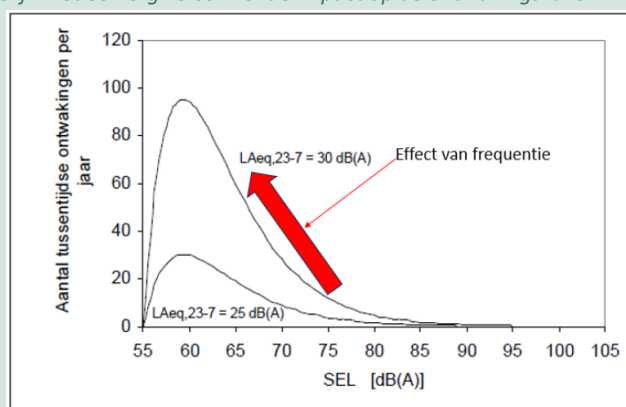
³⁶ Uit: (WHO, Environmental noise Guidelines for the European Region, 2018)

³⁷ Uit: (Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018)

Onderstaande tabel uit deze publicatie geeft aan hoe verschillend een L_{Aeq} (23-7u) binnen (of L_{night} 40 dB(A) buiten) op jaarbasis kan ingevuld worden:

Waarde van SEL in de slaapkamer (in dB(A))	Aantal geluidgebeurtenissen per jaar
55	10520
60	3327
65	1052
70	333
75	105
80	33
85	11
90	3
95	1

Onderstaande figuur uit dezelfde studie toont aan **dat bij dezelfde L_{night} de ontwakingskans stijgt bij toenemend aantal overvluchten (en dus dalende SEL per vlucht) en een maximum bereikt bij ongeveer 55-60 dB(A) SEL in de slaapkamer**. Uiteraard stijgt de ontwakingskans ook wanneer de L_{night} hoger is (vergelijk L_{Aeq} 25dB(A) en L_{Aeq} 30 dB(A)). Een L_{Aeq} 30 dB(A) in de slaapkamer komt overeen met een L_{night} 45 dB(A) aan de buitengevel. In het jaar 2019 werden 741 065 omwonenden blootgesteld aan $L_{night} > 40$ dB(A) en 215 205 aan $L_{night} > 45$ dB(A). Binnen die grenzen zijn dus heel wat verschillende scenario's mogelijk met een erg verschillende impact op de ontwakingskans.



De formule die gebruikt wordt voor de berekening van de ontwakingskans op basis van de SEL waarde op het hoofdkussen binnen (ontwakingskans = $0.0018 \times (SEL - 55)$) is niet meer actueel en vervangen door de recentere van Basner en McGuire.

Zoals ook reeds werd aangehaald in paragraaf 4.1.1 werd in 2002 een Europese richtlijn END 2002/49/EC⁴³ ingevoerd inzake de evaluatie en beheersing van het omgevingsgeluid. Hierin wordt het gebruik van de indicatoren L_{night} en L_{den} verplicht. Actie Noordrand stelt dat het gebruik van bijkomende parameters initieel was opgenomen bij de ontwikkeling van de Richtlijn, maar dat deze niet weerhouden zijn o.a. onder druk van de economie/luchthavens, waarbij verwezen wordt naar een kritische analyse van Dobruszkes en medewerkers (ULB)⁴⁴. De Europese richtlijn voor omgevingsgeluid laat het gebruik van bijkomende parameters wel toe.

⁴⁴ When environmental indicators are not neutral Assessing aircraft noise assessment in Europe J Air Transport Management 2020, Dobruszkes and medewerkers (ULB)

(Wyckaert, LAmax of aantal overvluchten of concentratie versus spreiding in een dichtbevolkt gebied, p4/11:

Nederlandse gezondheidsraad 2004

(NGR, 2004) p. 80,81

(NGR, 2004) p. 17

However, limiting the SEL inside the bedroom to less than the biological effect threshold levels is not a technically realistic option at the present time. Depending on how L_{night} is regulated, one option might also be to limit the number of noise events.

pagina 38 van 75

Cfr Actie Noordrand stelt **Basner in 2010** in één van zijn onderzoeken dat het verzamelen of sturen van frequentie mogelijk is praktischer is dan informatie verzamelen over L_{Amax} of SEL. Bij de aandachtspunten met maximale geluidsniveaus werd echter reeds gewezen op de moeilijkheid bij het bepalen van L_{Amax} of SEL. Dezelfde moeilijkheden stellen zich hier dus eveneens.

Uit (Wyckaert, LAmox of aantal overvluchten of concentratie versus spreiding in een dichtbevolkt gebied), p7/11

Waar het op aankomt is hoe men maximaal de slaapverstoring bij zoveel mogelijk omwonenden kan beperken. **Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep**⁴⁶

*Basner en medewerkers deden zeer uitgebreid polysomnografisch onderzoek op gezonde proefpersonen (zonder ziekte en/of slaapstoornissen), die werden blootgesteld aan simulaties van verkeerslawaai (weg- en vliegverkeer). De studie onderschat dus de realiteit rond een luchthaven omdat een doorsneepopulatie rond de luchthaven ook tal van kwetsbare groepen omvat. Zij stellen o.a. het volgende: **'Nocturnal sleep disturbance primarily depends on the number and acoustic properties of single noise events .../... the precision of risk assessment may be considerably improved by adding information on the number of noise events contributing to L_{night} .../... The END explicitly states that it may be advantageous to use maximum SPL L_{Amax} or sound exposure levels (SEL) as supplementary noise indicators for night period protection. However, it may be **more practical to gather information on the average number of noise events contributing to L_{night} rather than to collect information on L_{Amax} or SEL of single noise events'*****

WHO Europe, 2018

In 2018 volgde een nieuwe aanvulling en update van de richtlijn⁴⁷ voor omgevingsgeluid. Zoals gesteld in §4.1.1.1 benadrukt deze richtlijn nog steeds het belang van bijkomende parameters, waaronder piekniveaus L_{Amax} , voor nachtelijk vliegtuiggeluid, maar nemen geen maximale geluidsniveaus meer op omdat de WHO⁴⁸ meer onderzoek vraagt naar een indicator per gebeurtenis. De voorgaande waarden zijn impliciet nog steeds relevant.

(WHO, Environmental noise Guidelines for the European Region, 2018), p10

In many situations, average noise levels like the L_{den} or L_{night} indicators may not be the best to explain a particular noise effect. Single-event noise indicators – such as the maximum sound pressure level ($L_{A,max}$) and its frequency distribution – are warranted in specific situations, such as in the context of night-time railway or aircraft noise events that can clearly elicit awakenings and other physiological reactions that are mostly determined by $L_{A,max}$.

Hoge Gezondheidsraad 2024

In het advies van de Hoge gezondheidsraad in 2024⁴⁹ wordt verschillende keren aangegeven dat de frequentie van overvluchten van groot belang is voor de kwaliteit van de slaap. Zij baseren zich hierbij zowel op zelfrapportering als polysomnografische studies, waarbij een hogere vliegfrequentie in verband wordt gebracht met een toename in aantal gehinderden.

(Gezondheidsraad, 2024), p3:

Cruciaal is echter dat recent onderzoek heeft aangetoond dat de **frequentie van overvluchten** van het **grootste belang** is voor de kwaliteit van de slaap.

(Gezondheidsraad, 2024), p6:

Op basis van een uitgebreide literatuurstudie en het advies van haar deskundigen concludeert de HGR dat niet alleen de gemiddelde geluidsniveaus, maar **vooral het aantal vliegbewegingen** waarbij het geluidsniveau een bepaalde drempel overschrijdt, een **aanzienlijke invloed** hebben op het type en de ernst van de gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai.

⁴⁶ Uit: Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep Basner M et al. Applied Acoustics 2010; 71: 518

⁴⁷ Uit: (WHO, Environmental noise Guidelines for the European Region, 2018)

⁴⁸ Uit: (WHO, Environmental noise Guidelines for the European Region, 2018)

⁴⁹ Uit: (Hoge Gezondheidsraad, 2024) p3

dat, hoewel een vermindering van de gemiddelde geluidsniveaus (bv. L_{den}) welkom zou zijn, dit niet kan worden gebruikt als excuus om de vluchtfrequentie te verhogen.'

Ook in functie van de cognitie en het leervermogen van schoolkinderen is een beperking van het aantal overvluchten boven 60 dB(A) aanbevolen in het advies van de Hoge Gezondheidsraad.

(Gezondheidsraad, 2024), p11,

In het licht van het groeiende bewijs dat chronisch vliegtuiglawaai de cognitie en het leervermogen van kinderen aantast, is de HGR van mening dat zowel L_{Aeq} als het aantal dagelijkse overvluchten boven de 60 dB(A)-drempel waaraan schoolkinderen worden blootgesteld, moet worden verminderd.

Berekeningen Actie Noordrand 2024

Actie Noordrand hanteert de formules van Basner en McGuire⁵⁴ om het effect van frequentie te begroten, zoals ook in de studie TNO 1999⁵⁵ werd gedaan met eerdere formules voor ontwaakreacties. Hiermee toont men aan dat men per nacht meer ontwakingskansen heeft bij meerdere stillere overvluchten dan bij enkele luide overvluchten bij gelijkblijvende L_{night} en dus frequentie bepalend zou zijn in de beschrijving van slaapverstoring. Dit effect zou volgens Actie Noordrand in hun berekeningen nog onderschat worden omdat er geen rekening gehouden wordt met moeilijkheden om opnieuw in te slapen na het ontwaken, dewelke steeds belangrijker worden bij veelvuldig ontwaken. De waarde van deze berekeningen staat en valt met het feit of deze formules louter geldig zijn voor 1 overvlucht, of ook mogen gecumuleerd worden (zie §4.1.2.2 Aandachtspunten bij deze parameter).

Uit (Wyckaert, L_{Amax} of aantal overvluchten of concentratie versus spreiding in een dichtbevolkt gebied, p8/11:

Als we de ontwakingskansen berekenen met de formule van Basner en McGuire (mede auteurs van de richtlijn) op basis van een meta-analyse van polysomnografisch onderzoek, dan zien we dat bij toenemend aantal vluchten, die elke 60 dB(A) L_{Amax} produceren tot 30 vluchten per nacht mogelijk zijn alvorens een L_{night} van 40 dB(A) wordt bereikt. Bij die frequentie van overvluchten is de ontwakingskans 53%, d.w.z. dat ruim 50% van de omwonenden iedere nacht wakker (of shift vertoont naar de fase S1, zeer lichte slaap net onder ontwaken) wordt maar de mate van slaapverstoring is veel ernstiger dan dit getal aangeeft omdat het geen rekening houdt met de moeilijkheden om opnieuw in te slapen na het wakker worden. Na wakker worden is immers een stille latentietijd nodig om de slaap terug te kunnen vatten en die latentietijd wordt langer naarmate de nacht vordert en bij bruusk ontwaken.

Aantal/nacht > 60 dBA L_{Amax}	10 – 15 x	15 - 20 x	20 – 30 x	> 30
L_{night} bij exact 60 dBA L_{Amax}	35 tot 37	37 tot 38,4	38,4 tot 40	> 40
Ontwakingskansen (wakker of slaapstadium S1) volgens Basner et al.	17,7% tot 26,6%	26,6% tot 35,5%	35,5% tot 53%	> 53%

Omgekeerd kunnen we met behulp van deze formules voor dezelfde L_{night} 40 dB(A) verschillende scenario's vergelijken, die allen dezelfde L_{night} van 40 dB(A) aan de buitengevel geven. Bij tienmaal per nacht 62 dB(A) L_{Amax} (= L_{night} 40 dB(A)) wordt bijna een derde van de omwonenden iedere nacht wakker, bij éénmaal 75 dB(A) is dat slechts 6,3% en bij tweemaal 72 dB(A) is dat 10,5%.

⁵⁴ Basner M and McGuire S et al Environmental Noise and Sleep Disturbance WHO Int J Environ Res and Public Health 2018 15 519: Aircraft: Prob. of Wake or S1 = $-3.0918 - 0.0449 * LAS_{max} + 0.0034 * (LAS_{max})^2$

⁵⁵ TNO PGVGZ 99.023 Geluidsverstoring in de woonomgeving

Ontwakingskans (of shift naar stadium S1 of net niet wakker worden) in functie van frequentie en L_{Amax}											
L _{night} 40 dBA buiten											
n/aantal vliegtuigen	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
L _{night}	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
L _{Amax} één vliegtuig	75	72	69	67	66	65	64	63	63	62	62
Ontwakingskans %	6,3	10,5	17,1	22,3	26,7	30,5	33,8	36,8	39,4	41,8	43,9

Uit (Goethals, 2023), p19

Het laboratoriumonderzoek van prof. Mattias Basner laat toe de kans op ontwaken te berekenen in functie van L_{Amax} en de frequentie van overvliegen. **Tabel 2** gebruikt de formules van Basner et al en vergelijkt verschillende scenario's die allen dezelfde L_{night} van 40 dB(A) aan de buitengevel geven. Bij tienmaal per nacht 62 dB(A) L_{Amax} (= L_{night} 40 dB(A)) wordt bijna een derde van de omwonenden iedere nacht wakker, bij éénmaal 75 dB(A) is dat 6,3% en bij tweemaal 72 dB(A) is dat 10,5%. Bij de hogere frequenties van overvluchten wordt het herinslapen bijzonder moeilijk omdat na wakker worden een stille latentietijd nodig is om de slaap terug te vatten.

Tabel 2: ontwakingskans (of shift naar stadium S1 of net niet wakker worden) in functie van frequentie en L_{Amax}

	Lnight 40 dBA buiten										
n/aantal vliegtuigen	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Lnight	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
L _{Amax} één vliegtuig	75	72	69	67	66	65	64	63	63	62	62
Ontwakingskans %	6,3	10,5	17,1	22,3	26,7	30,5	33,8	36,8	39,4	41,8	43,9

Tabel 2: ontwakingskans (of shift naar stadium S1 of net niet wakker worden) in functie van frequentie en L_{Amax}

L_{night} 40 dBA buiten											
n/aantal vliegtuigen	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
L_{night}	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
L_{Amax} één vliegtuig	75	72	69	67	66	65	64	63	63	62	62
Ontwakingskans %	6,3	10,5	17,1	22,3	26,7	30,5	33,8	36,8	39,4	41,8	43,9

Lnight 40 dBA buiten											
n/aantal vliegtuigen	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Lnight	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Lamax één vliegtuig	75	72	69	67	66	65	64	63	63	62	62
Ontwakingskans %	6,3	10,5	17,1	22,3	26,7	30,5	33,8	36,8	39,4	41,8	43,9

Overig onderzoek

Naast bovenstaande verscheidene bronnen waarin het belang van frequentie wordt aangehaald, werd ook bij studies rond Keulen-Bohn eenzelfde conclusie afgeleid, nl. dat men tot viermaal meer kans heeft om te ontwaken wanneer het aantal overvluchten per nacht toeneemt bij gelijkblijvende L_{night} .

Cfr. (Goethals, 2023) van Actie Noordrand p20:

Ook uit omstandig polysomnografisch **veldonderzoek** (d.w.z. met polysomnografisch onderzoek in de woningen van de omwonenden) rond de luchthaven van Keulen-Bonn, blijkt dat de kans om wakker te worden tot viermaal hoger is wanneer het aantal overvluchten per nacht toeneemt bij eenzelfde L_{night}^{56} . Dezelfde principes zijn van toepassing op de hinderbeleving overdag.

Cfr WGL⁵⁷ zijn vliegtuigloze nachten essentieel om van slapeloze nachten te kunnen herstellen.

Hiervoor baseert WGL zich op twee studies:

(Ya Chai, M. Basner, Hengyi Rao et al, Two nights of recovery sleep restores hippocampal connectivity but not episodic memory after total sleep deprivation, 2020, Nature)

- Citation: « These findings support the critical role of sleep in maintaining the integrity of hippocampal circuits and suggest that people may need more than two nights of recovery sleep to fully restore both memory performance and their associations with brain function after one night of total sleep loss. »

(G. Belenky et al, Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study, 2003, J. Sleep Res.)

- Citation: « These results suggest that the brain adapts to chronic sleep restriction. In mild to moderate sleep restriction this adaptation is sufficient to stabilize performance, although at a reduced level. »

⁵⁶ Uit: Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep Basner M. et al. Applied Acoustics 2010 71 518 ev

⁵⁷ Uit: WGL Selected Research for Aircraft Noise and UFP pollution (jul – 2023) p2

Het belang van aanvullende parameters werd in hogere referenties verscheidene keren aangehaald. Goethals toont met een concreet voorbeeld van de Brusselse wetgeving aan dat L_{Amax} (of SEL) als bijkomende parameter onvoldoende is en dat het meenemen van vliegfrequentie wel degelijk een toegevoegde waarde heeft. Ondanks een beperking op het equivalente geluidsdrukniveau tijdens de nachtperiode in combinatie met een beperking van SEL, zijn immers nog steeds meer dan 80 relatief stille overvluchten mogelijk per nacht. Bovendien ligt de beperking van SEL hoger dan de aanbevolen waarde cfr WHO.

Om haar bevolking te beschermen heeft het Brussels Hoofdstedelijk Gewest reeds in 1999 geluidsnormen ingevoerd (immissienormen) met grenswaarden in SEL voor iedere overvlucht, bij overschrijding waarvan, boetes worden opgelegd. Zelfs in de strengste zone 0 van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (zone het verste van de luchthaven), zijn de geluidsnormen (70 dB(A) SEL per nachtvlucht en L_{night} 45 dB(A) voor de totale geluidsbelasting door vliegtuigen per nacht), nog altijd minder streng dan de aanbevelingen van de WHO van 1999 (L_{Amax} 60 dB(A), ongeveer 70 dB(A) SEL) en 2018 (L_{night} 40 dB(A)). Spijtig genoeg zijn er de facto geen limieten aan het aantal overvluchten omdat de in het decreet voorziene beperking van het equivalente geluidsniveau tijdens de nachtperiode (in het decreet genoemd L_{sp} vliegtuig, 45 dB(A) per nacht) vooreerst nooit wordt afgedwongen en bovendien zo ruim is dat de facto nog altijd meer dan 80 vluchten van net 60 dB(A) L_{Amax} per nacht nodig zijn om dit nachtelijk quotum te bereiken. De Brusselse geluidsnormen limiteren dan ook slechts in zeer beperkte mate het pieklawaai (slechts 10% van de overvluchten wordt beboet op basis van het SEL-criterium per vlucht) en staan een normale uitbating van de luchthaven helemaal niet in de weg. Bijna 25 jaar later is er nog steeds geen spoor van geluidsnormen in het Vlaams Gewest en blijft de Vlaamse Rand volledig onbeschermde achter.

Deze frequentiecontouren rapporteren de ruimtelijke zones waar de drempelwaarden gedurende een vast aantal keren op een gemiddelde dag van het jaar worden overschreden. De volgende contouren werden in het verleden opgemaakt door BAC ingevolge bijzondere vergunningsvoorwaarden:

- Op grond van de opgelegde bijzondere milieuvorwaarden in de nieuwe omgevingsvergunning worden vanaf 2024 jaarlijks de frequentiecontouren voor L_{Amax} 60 en 70 dB berekend voor respectievelijk dag-, avond- en nachtperiode.

Gezien de beschikbaarheid van frequentiecontouren, kunnen deze mogelijks gehanteerd worden bij het vastleggen van de ruimtelijke zonering in functie van het vastleggen van bepaalde maatregelen, hoewel deze enkel beschikbaar zijn voor de voorbije jaren en een zonering eerder op de toekomst gericht is.

Volgens WGL zouden bovenstaande bevindingen ook bevestigd worden in meer recent onderzoek⁵⁹.

Het belang van frequentie komt duidelijk naar voren in het advies van de hoge gezondheidsraad⁶⁰, de Nederlands gezondheidsraad⁶¹ en de Envisa studie⁶². Met bovenstaand wetenschappelijk bewijs waarnaar WGL verwijst, stelt men aldus de bevindingen van deze adviesrapporten in vraag, ondanks dat in het rapport⁶³ wordt aangegeven dat hun bevindingen gebaseerd zijn op huidige gepubliceerde wetenschappelijke kennis en verscheidene studies rond luchthavens in Frankrijk (ACNUSA), Duitsland (NORAH studie) en Nederland (RIVM studie). Mogelijks werd het rapport gekleurd door de vraagstelling, maar **verder onderzoek is hier nodig om deze stelling te beoordelen.**

Zoals hierboven blijkt, bereiken wetenschappelijke studies en gezondheidsorganisaties niet steeds een consensus, hoewel de gezondheidsorganisaties zich toch baseren op het wetenschappelijk onderzoek. Hierbij is het onderscheid tussen beiden van belang:

Bepaalde wetenschappelijke studies zoals die van de DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, richten zich vaak op objectieve slaapverstoring, gemeten met polysomnografie, en de directe link met maximale geluidsniveaus. De Hoge Gezondheidsraad (HGR) bijvoorbeeld kijkt daarnaast ook naar andere gezondheidsaspecten zoals chronische stress, langdurige hinder, cardiovasculaire effecten en subjectieve slaapkwaliteit. Veel zachte geluiden kunnen cumulatief bijdragen aan langdurige stress en slaapkwaliteit zonder dat dit altijd in polysomnografische data als micro-arousals zichtbaar is.

Hoewel een enkele beperkte piek weinig effect heeft, kan een hoog aantal beperkte pieken zorgen voor een cumulatief effect, waardoor mensen zich vermoeid en minder hersteld voelen, zelfs zonder duidelijke slaaponderbrekingen. De HGR benadrukt het belang van het totaalpakket aan geluid, niet alleen de harde pieken.

⁶³ Uit: (Hoge Gezondheidsraad, 2024)

Sommige groepen (ouderen, kinderen, mensen met gezondheidsproblemen) zijn gevoeliger voor geluid en kunnen ook door lagere niveaus slaap of welzijn verliezen. De HGR houdt rekening met de meest kwetsbaren in de bevolking en wil beleid dat breed beschermt.

Gezondheidsraadinstanties hanteren vaak een voorzichtigheidsprincipe, waarbij ze adviseren om ook potentiële risico's mee te nemen, zelfs als het wetenschappelijk bewijs nog niet volledig eenduidig is.

Vanaf welke grens worden overvluchten meegeteld ?

Bij de beperking van het aantal overvluchten moet er ook gedefinieerd worden vanaf welke “luidheid” de overvlucht wordt meegeteld.

Cfr WGL is er geen onderbouwing vanaf welke waarde voor L_{Amax} een overvlucht in rekening moet gebracht worden. Bijvoorbeeld wanneer de indicator NA60 wordt gehanteerd, zoals voorgesteld in (Gezondheidsraad, 2024), is de keuze voor 60 dB(A) arbitrair. Een vlucht van L_{Amax} 59 dB(A) telt niet mee en één van L_{Amax} 60dBA wel. Naar ontwaakkansen is 1 dB verschil nauwelijks merkbaar. WGL stelt dat door de logaritmische schaal van geluid, bij een equivalent geluidsniveau over een beperkte tijdsperiode, bijvoorbeeld één uur, de frequentie van geluidspieken impliciet ook wordt meegenomen, gezien elke geluidspiek wordt “opgeteld” met een weging van de amplitude (L_{Amax} of SEL waarde) van de geluidspiek. Het betreft dan elke geluidspiek en niet enkel de geluidspieken boven een bepaalde waarde.

Deze redenering werd ook aangehaald bij de interviews met de Zwitserse overheid. Zij zijn van mening dat door het beschouwen van de nacht aan de hand van een equivalent geluidsniveau per uur, zij impliciet ook piekniveaus en aantal geluidspieken meenemen gezien het logaritmische karakter van geluid.

Men zou kunnen stellen dat het vastleggen van een grens vanaf wanneer geluidspieken worden meegeteld een variërend belang heeft.

- Indien de indicator wordt gehanteerd bij het afbakenen van zones om gedifferentieerde maatregelen te treffen, zoals vb. rond de luchthaven van Düsseldorf of de zone van Schutzconcept Sud nabij de luchthaven van Zürich, kan een grens gekozen worden in functie van gezondheid, socio-economische overwegingen of praktische haalbaarheid. Bij drempeelwaarden is de waarde zelf steeds tot op zekere zin arbitrair waarbij men net wel binnen of buiten de zone valt.
- Indien de indicator echter wordt gehanteerd om te bepalen wat aanvaardbaar is vanuit gezondheidskundig oordeel, valt men terug op de voorzichtigheden bij het vastleggen van een toelaatbaar maximaal geluidsniveau, nl. welke waarde is maximaal aanvaardbaar en op welke basis berust men zich hiervoor.

Praktische haalbaarheid?

Ruimtelijke zonering is in de eerste plaats gebaseerd op de voorziene (toekomstige) geluidssituatie, terwijl de beschikbare frequentienormen beschikbaar zijn voor de voorbije jaren. Daarnaast moet de keuze van de toepasselijke frequentie (vb. 10x) en de gekozen drempelwaarde van L_{Amax} uiteraard vastgelegd worden. Deze keuze beïnvloedt in sterke mate de omvang van de zones.

Frequentiecontouren zijn weinig stabiel omdat ze steunen op een binaire grootheid (een vlucht zit over de drempelwaarde of niet). In modelberekeningen leidt dit tot grillige patronen in de frequentiecontouren. Zie ook § 4.1.4.

4.1.2.3 Samenvattend

Verscheidene studies wijzen op het belang van overvluchtfrequentie.

Over de manier waarop het effect van de vliegfrequentie wordt begroot is geen consensus. Enkele studies, inclusief het pleidooi van Actie Noordrand, baseren zich hierbij op het sommeren van ontwaakreacties berekend op basis van de formules van Basner, hoewel deze slechts voor één overvlucht geldig zijn. De vraag stelt zich of deze werkwijze legitiem is.

Enerzijds zou dit kunnen leiden tot een overschatting van de globale ontwaakreactie per nacht, omdat geen effecten van gewenning of dergelijke in rekening gebracht worden, hoewel uit onderzoek blijkt dat gewenning niet optreedt op de onbewuste fysische reacties (zie verder §4.3), maar louter op de bewuste reactie. Bovendien is niet duidelijk of de correcte wiskundige regels voor kansberekening zijn toegepast.

Anderzijds wordt er geen rekening gehouden met moeilijkheden om opnieuw in te slapen na het ontwaken, dewelke steeds belangrijker worden bij veelvuldig ontwaken, waardoor de berekeningswijze zou kunnen leiden tot een onderschatting.

Om een correcte uitspraak te doen over de legitimiteit van het gebruik van de ontwaakreactie per overvlucht om de globale ontwaakreactie per nacht te bepalen, is bijkomend onderzoek nodig.

Wanneer deze berekeningswijze wordt gehanteerd, blijkt dat uit oogpunt van effect op de gezondheid een situatie met relatief veel stillere overvluchten (ca. 5 dB boven het waarnemingsniveau) als hinderlijker wordt ervaren dan een situatie met slechts een beperkt aantal zeer luide overvluchten.

Bij de beperking van het aantal overvluchten moet er ook gedefinieerd worden vanaf welke “luidheid” de overvlucht wordt meegeteld. De door de Hoge Gezondheidsraad aangegeven en vaak gehanteerde drempelwaarde van 60 dB(A) in de buitenomgeving, lijkt gebaseerd op de door WHO 1999 aangegeven waarde van 45 dB(A) in de binnenomgeving waarbij een ontwaakreactie optreedt, terwijl deze eigenlijk in de loop der tijd reeds aangepast werd naar 42 dB(A) cfr WHO 2009⁶⁴ tot 38 dB(A) cfr Basner⁶⁵ (zie hoger § 4.1). Bij de vastlegging van deze drempelwaarde valt men aldus terug op de voorzichtigheden bij het vastleggen van een toelaatbaar maximaal geluidsniveau, nl. welke waarde is maximaal aanvaardbaar en op welke basis berust men zich hiervoor.

Om een correcte uitspraak te doen over de legitimiteit van het gebruik van de ontwaakreactie per overvlucht om de globale ontwaakreactie per nacht te bepalen, waarop het kwantitatief belang van vliegfrequentie steunt, is bijkomend onderzoek nodig. Gezien verscheidene gekwalificeerde onafhankelijke onderzoeksorganismen het belang onderstrepen, lijkt het belang wel degelijk

⁶⁴ Uit: (WHO, Night Noise Guidelines for Europe, 2009)

⁶⁵ Uit: (Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018)

Over de drempelwaarde vanaf wanneer overvluchten in rekening gebracht moeten worden, is geen éénduidige consensus.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van op welke manier maximale geluidsniveaus of piekintensiteit en frequentie of aantal gebeurtenissen in rekening worden gebracht bij de opmaak van zoneringskaarten bij 5 andere Europese luchthavens.

Max geluidsniveaus		Frequentie
Düsseldorf	Afbakening nachtzone met NAT	Afbakening nachtzone met NAT
Zürich	Afbakening Schutzkonzept Sud met NAT	Afbakening Schutzkonzept Sud met NAT
	Nacht wordt per uur geëvalueerd	Nacht wordt per uur geëvalueerd (Correctiefactor in functie van aantal vliegtuigen in L_{rk})
Parijs Orly	/	/
Bazel-Mulhouse	Idem Frankrijk / Zwitserland	
Luik Bierset	L_{Amax} als immissienorm opgelegd, maar niet als onderdeel van de zoneringsindicator	/

Number Above Treshold (NAT)

- De Nachtzone van Düsseldorf⁶⁶, vastgelegd in de Duitse wetgeving, wordt bepaald met behulp van 2 voorwaarden waaraan beiden voldaan moet worden, nl. een equivalent geluidsniveau $L_{Aeq,nacht} > 55$ dB(A) en een piek criterium $NAT57=6$ (binnen) of $NAT72=6$ (buiten) voor bestaande luchthavens en een equivalent geluidsniveau $L_{Aeq,nacht} > 50$ dB(A) en een piek criterium $NAT53=6$ (binnen) of $NAT68=6$ (buiten) voor nieuwe luchthavens.
- De bijkomende zone gedefinieerd binnen het Schutzkonzept Sud⁶⁷ rond Zürich, wordt gedefinieerd door een equivalent geluidsniveau $L_{Aeq,6u-7u} \geq 55$ dB én een piek criterium $NAT68=6$ (buiten).

⁶⁶ Voor meer informatie betreffende de nachtzone van Düsseldorf wordt verwezen naar rapport DEEL 1

⁶⁷ Voor meer informatie betreffende de zone Schutzkonzept Sud rond Zürich wordt verwezen naar rapport DEEL 1

maximaal geluidsniveau [L_{Amax}] meer dan n keer per nacht overschreden wordt, bijkomende maatregelen getroffen moeten worden.

- ⇒ Hierbij worden **enkel de hoogste pieken** in rekening gebracht, nl. $L_{Amax} \geq 68$ dB in Zürich en voor nieuwe luchthavens in Duitsland en $L_{Amax} \geq 72$ dB voor bestaande luchthavens in Duitsland.

De keuze om enkel de luidste pieken mee te nemen is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek van het Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) tussen 1999 en 2004 en steunt op uitgebreide polysomnografische laboratorium- en veldstudies⁶⁸. De waarde werd afgeleid enerzijds gebaseerd op significante slaapverstoring, zoals blijkt uit wetenschappelijk onderzoek met betrekking tot ontwaken of lichte ontwakingen (arousals) en anderzijds op praktische normering en meetbaarheid, gezien het meenemen van lagere pieken moeilijker te meten is en mogelijks onnodige ruis van kleine zachte geluiden zou meenemen. Het cumulatieve effect van een groot aantal geluidsgebeurtenissen met een laag geluidsniveau wordt in het equivalent geluidsniveau meegenomen.

- ⇒ In Duitsland werd gekozen om **meer dan 6 pieken als hinderlijk aan te duiden**. Er wordt geen verder onderscheid gemaakt tussen 6 of 10 of 15 of veel meer (zwakkere) geluidspieken. Deze grens van 6 pieken is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek van het Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) tussen 1999 en 2004 en steunt op uitgebreide polysomnografische laboratorium- en veldstudies⁶⁹.
- Minder dan 6 pieken kan te weinig informatie geven over de totale mate van slaapverstoring.
 - Meer pieken meenemen voegt vaak vooral minder storende geluiden toe die de beoordeling verwateren.

Sindsdien heeft verscheiden bijkomend onderzoek reeds gewezen op de complexiteit van de relatie tussen geluidsblootstelling en slaapverstoring. Er is behoefte aan meer gedetailleerde en langdurige studies om de impact van zowel het aantal als de intensiteit van geluidsgebeurtenissen op slaap en gezondheid beter te begrijpen.

Zo stelt Basner⁷⁰ bijvoorbeeld dat slaapverstoring complex is en niet alleen wordt bepaald door het aantal pieken, maar ook door factoren zoals het tijdstip van de piek, individuele gevoeligheid, cumulatie en subjectieve hinder en dat het criterium NAT nuttig is, maar onvoldoende als enige maat voor gezondheidseffecten.

De indicator NAT wordt aldus gehanteerd als een bijkomende indicator die in aanvulling van het equivalente geluidsniveau het effect van slaapverstoring door de hoogste geluidspieken in rekening brengt. Het effect van vele geluidsgebeurtenissen met lage geluidsniveaus zit vervat in het equivalent geluidsniveau.

Frankrijk: In 2005 werd door de ACNUSA, de Franse autoriteit voor de beheersing van geluidshinder op de luchthaven, het gebruik van een bijkomende geluidsbelastingindicator aanbevolen, die het

⁶⁸ O.a. "Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study" (2006) "Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study" (2006); "Aircraft noise effects on sleep: DLR research results and their application" (2006); "Annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: Laboratory and field-specific dose-response curves" (2006)

⁶⁹ O.a. "Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study" (2006) "Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study" (2006); "Aircraft noise effects on sleep: DLR research results and their application" (2006); "Annoyance from nocturnal aircraft noise exposure: Laboratory and field-specific dose-response curves" (2006)

⁷⁰ Uit: Basner M, et al. "Aircraft noise effects on sleep: Mechanisms, measurement, and mitigation." *Noise & Health* 2012.

Zij baseerden zich hiervoor onder andere op de aanbevelingen van de Franse Gezondheidsraad (CSHPF) om 's nachts (22 uur 's avonds tot 6 uur 's ochtends) een equivalent geluidsniveau van L_{Aeq} van minder dan 55 dB(A) (aan de gevel van huizen, alle bronnen samen) op te leggen en anderzijds minder dan 10 geluidsgebeurtenissen (alle bronnen samen) van L_{Amax} van meer dan 70 dB(A) in acht te nemen. Rekening houdend met een gevelisolatie van 25 dB(A), komt de grenswaarde $L_{Amax}=70$ dB(A) overeen met de aanbevelingen van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voor slaapverstoring, bij L_{Amax} hoger dan 45 dB(A) in de slaapkamer, met de ramen gesloten. Om de hinder te beoordelen, beveelt het CSHPF ook aan om L_{den} te gebruiken, en op de gevel van woningen een L_{den} -niveau van 60 dB(A) niet te overschrijden, alle bronnen samen.

Maximaal geluidsniveau en frequentie impliciet vervat in equivalente geluidsniveaus

Ook Duitsland gaf aan⁷² dat, gezien hun parameter L_{nacht} slechts voor enkele nachturen geldig is door de nachtsluiting van Düsseldorf, het equivalente criterium impliciet een beperking oplegt aan de luidheid van overvluchten in combinatie met hun beperking tot 6 luide overvluchten per nacht. Hoe groter de periode waarover het equivalente niveau wordt bepaald, hoe minder de luide overvluchten doorwegen in het geheel.

Van de onderzochte luchthavens wordt enkel in Luik-Bierset een beperking van het maximaal geluidsdrumniveau L_{Amax} opgelegd. Deze beperking werd opgelegd als immissienorm, die dient gerespecteerd te worden, en wordt niet gehanteerd binnen een zoneringskader. Het piekgeluid wordt aldus als sturend instrument gebruikt om de geluidshinder van de meest lawaaiërigste vluchten te beperken en dit door in te zetten op maatregelen horende binnen de andere pijlers. Bij overschrijding van deze immissienorm onder nader in de Waalse wetgeving⁷³ gepreciseerde voorwaarden, kunnen eventueel boetes opgelegd worden (zie hoger § 4.1.1).

Verscheidene studies hebben reeds onderzoek gedaan naar het potentieel voor het gebruik van een overschrijdingsfrequentie indicator NAT. De belangrijkste bevindingen uit deze studies worden hieronder weergegeven.

⁷³ Arrêté sanction du 29 janvier 2004 art.8, §2 Décret du 23 juin 1994, art.6, §3

Studie in Frankrijk⁷⁴

In 2010 werd een methodologische studie uitgevoerd in opdracht van de Franse autoriteit met als doel het potentieel voor het gebruik van de NA-indicator in Frankrijk te beoordelen. Er werden drie teststudies geselecteerd: een fictieve case, luchthaven Bazel-Mulhouse (PGS 2008) en luchthaven Parijs-Orly (PGS 2004). Om het gedrag van deze indicator beter te begrijpen, werd de impact van verschillende parameters op de NA-contouren bestudeerd, waarbij gefocust werd op de contouren NA70, NA65 en NA62. Naast de voordelen van de NA-indicator belicht deze studie ook de belangrijkste technische nadelen:

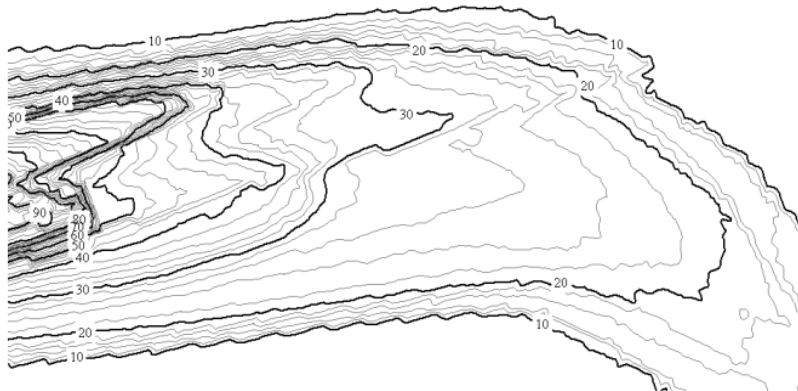
- De keuze van drempelwaarden voor het geluidsniveau en de frequentie is niet eenvoudig en beïnvloedt sterk de verkregen resultaten.

Bovendien is er **geen duidelijke correlatie tussen verschillende NA contouren**.

Uit hun onderzoek blijkt dat NA70 beter aansluit bij L_{den} , gezien hierin voornamelijk de luidste vliegtuigen meegerekend worden. Omgekeerd, als de drempel voor geluidsniveau laag en de frequentie hoog is (NA62, NA65), zijn het de meest frequent waargenomen vliegtuigen (die niet noodzakelijkerwijs de luidste zijn) die in rekening gebracht worden.

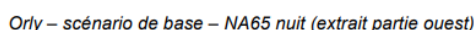
Voor de toepassing in Frankrijk bleek het moeilijk om éénzelfde drempelwaarde te kiezen voor alle Franse luchthavens gezien hun variatie in omvang en luidheid. Dit probleem stelt zich uiteraard niet rond de luchthaven Brussel-Nationaal.

- De keuze van de drempelwaarden voor geluidsniveaus en frequenties is des te complexer omdat de drempel effecten en randeffecten bijzonder uitgesproken zijn voor de indicator NA: dit is het belangrijkste nadeel van de NA. Doordat vluchten rond de drempelwaarden net wel of net niet worden ingerekend (ze tellen als 0 of 1), kan **de keuze voor een andere drempel tot een zeer afwijkende zone** leiden. Dit wordt geïllustreerd met de indicator NA70 en NA65, waarbij bijvoorbeeld NA65=2 of NA65=3 een zeer verschillende zone aangeeft.



Orly – scénario de base – NA70 (extrait partie ouest)

⁷⁴ STAC, 2010, Etude de sensibilité de l'indicateur de bruit NA, REF : RETU/STAC/ACE/MODL/10-142



De zones nemen ook zeer **grillige vormen** aan en zijn zeer gevoelig voor beperkte wijzigingen in inputdata, gezien een berekende geluidsniveau 64.95 dB(A) niet wordt meegeteld in de NA65 indicator en 65.05 dB(A) wel.

- Deze studie doet enkel een uitspraak over de praktische hanteerbaarheid van de indicator maar niet over de correlatie tussen indicator en werkelijk ervaren hinder of andere gezondheidseffecten.

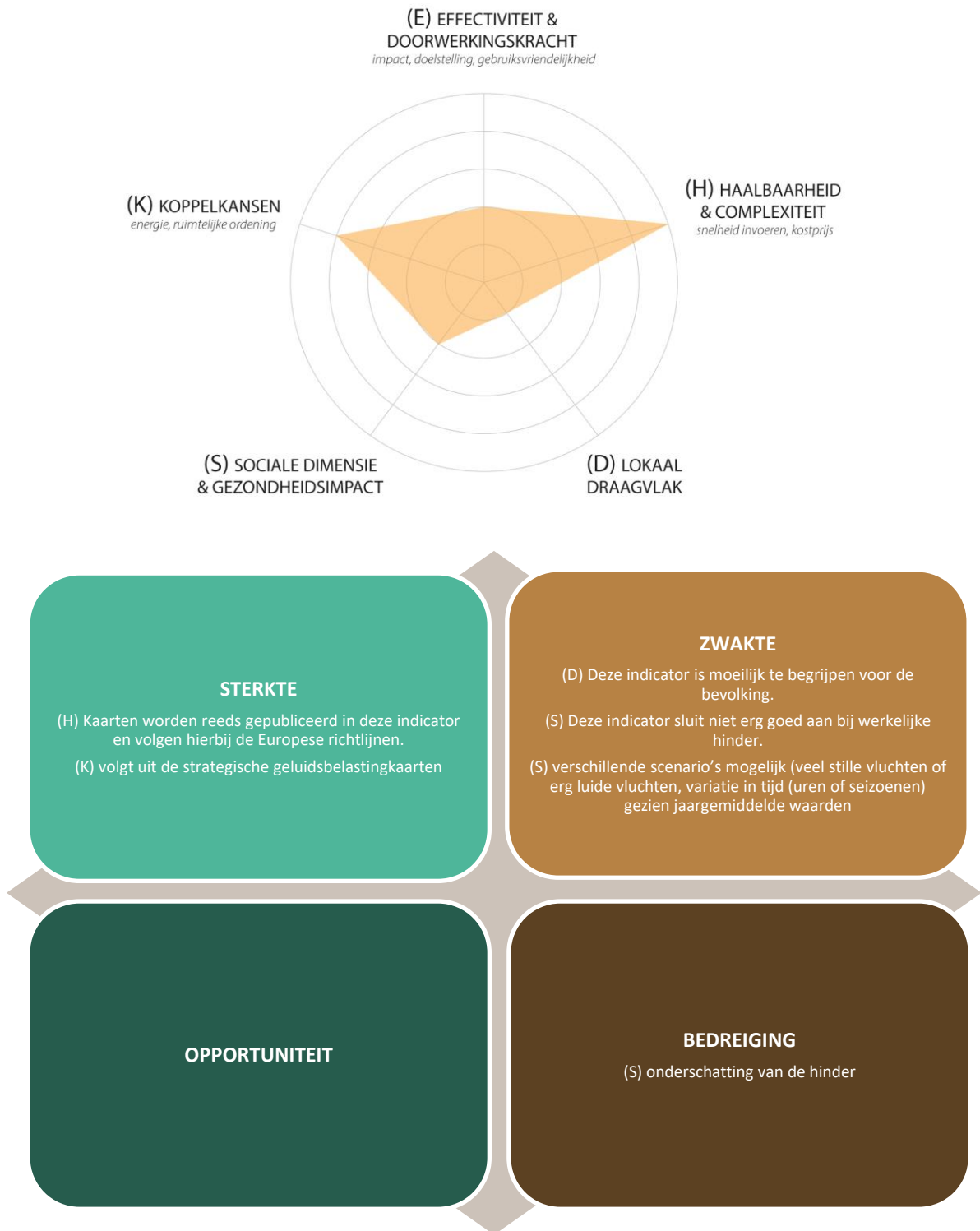
In Nederland werd binnen de 'Programmatische Aanpak Meten (en berekenen) Vliegtuiggeluid' in opdracht van het kabinet van minister Harbers, nader onderzocht welke aanvullende indicatoren (in Nederland omschreven als 'geluidsbelastingsmaten') in overweging kunnen genomen worden, die beter de hinder en slaapverstoring kunnen voorspellen.

- L_{den} geeft een gemiddelde waarde voor de geluidsbelasting op een bepaald punt over 24 uur (overdag, 's avonds en 's nachts, gemiddeld over een jaar). L_{night} geeft de geluidsbelasting tijdens de nacht aan (tussen 23.00 en 7.00 uur, gemiddeld over een jaar).
- Extra indicator: het aantal overvliegende vliegtuigen dat meer geluid geeft dan een bepaalde hoeveelheid decibel, bijvoorbeeld 65, 75 of 80 (N_{Ax}).
- Extra indicator: hoe lang vliegtuigen boven een bepaald geluidsniveau uitkomen (T_{Ax}).

pagina 52 van 75

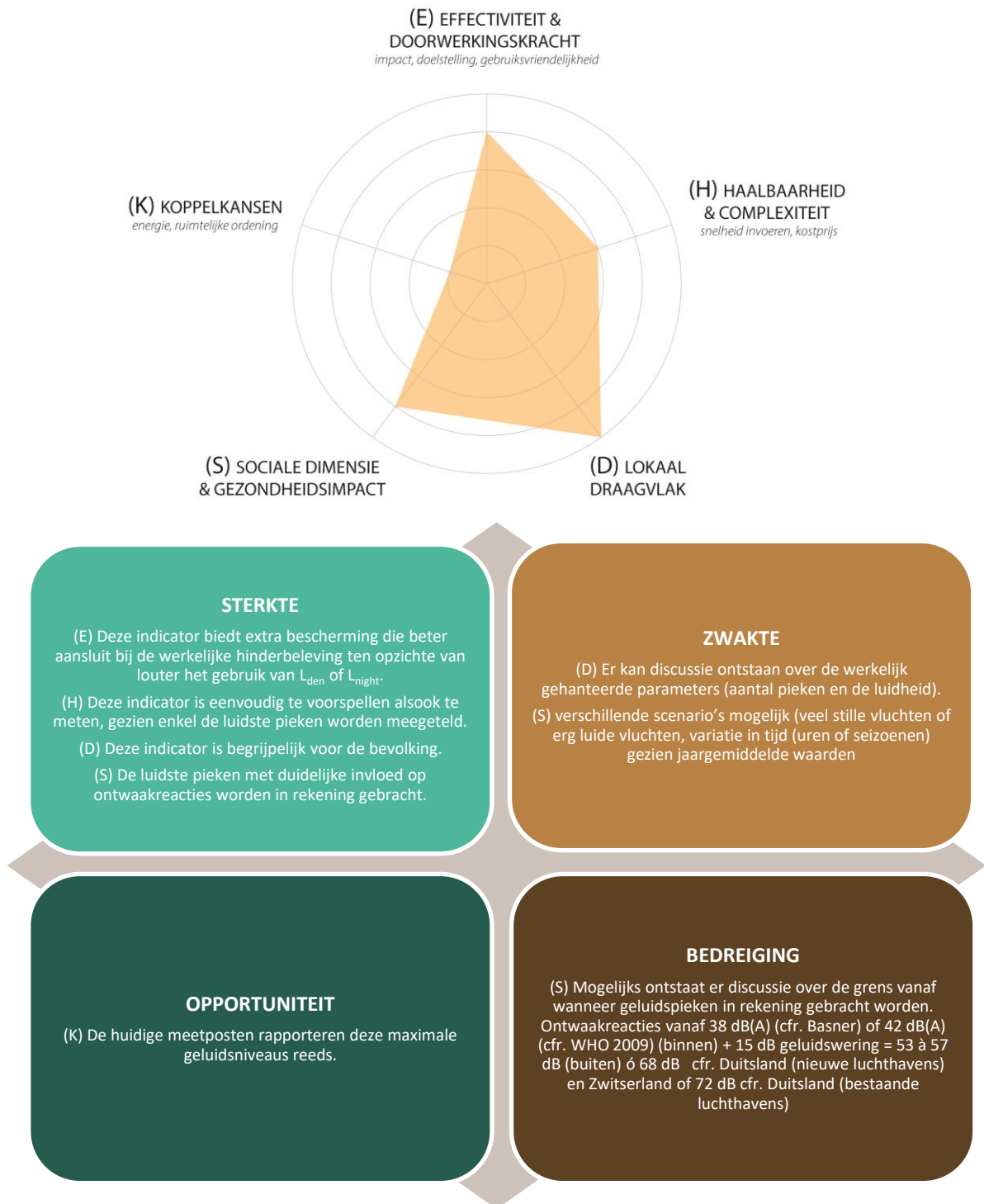
Zowel voor maatregel 1 als 2 kan het afbakencriterium (van de zone) uitgedrukt worden als een voorwaarde met betrekking tot het 'overschrijdingsniveau' ($L_{Amax,nx}$) of als een 'overschrijdingsfrequentie' (NAT, ook wel eens aangeduid als " nxL_{AmaxT} ", " $freq,T$ "). Internationaal gebruikt men eerder de grootheid NAT als criterium ter afbakening van ruimtelijke zoneringen

4.1.5.1 Referentiepunt - Enkel gebruik van L_{den} of L_{night}



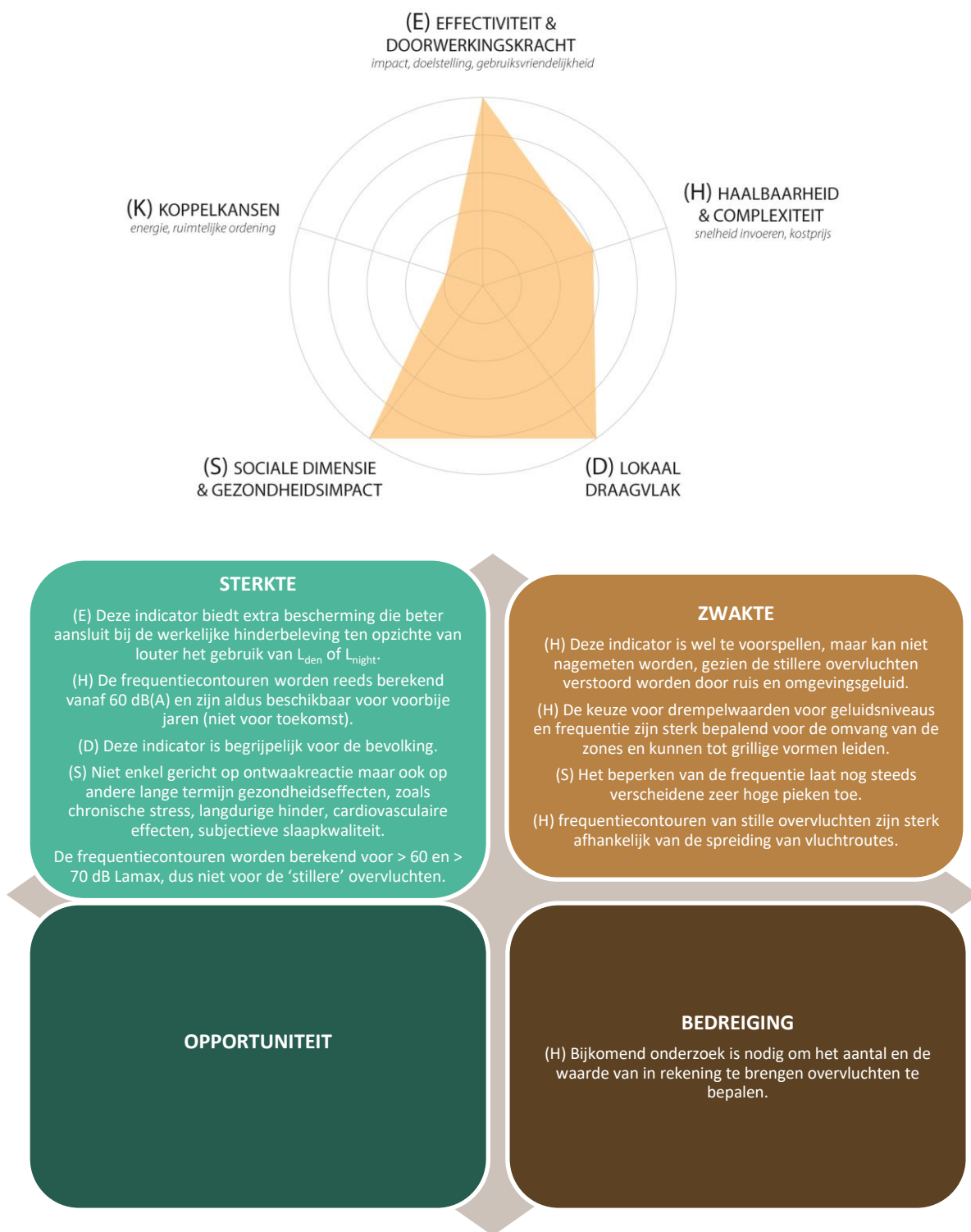
Figuur 7: SWOT analyse Referentiepunt

4.1.5.2 Maatregel 1 - Zonering gebaseerd op indicator NAT die enkel de luidste pieken in rekening brengt, vb. $L_{Amax,6x} = 68$ of NAT68 = 6



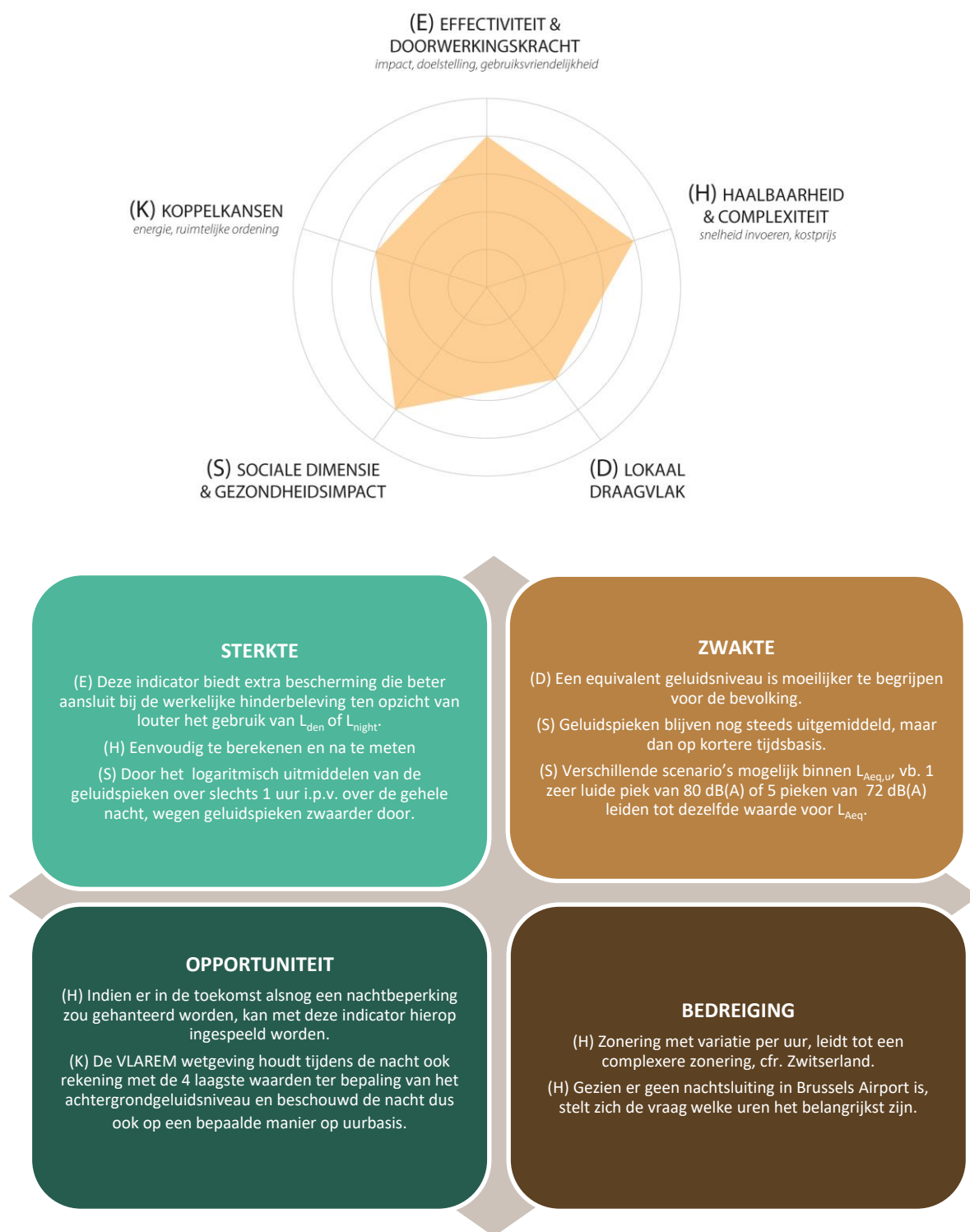
Figuur 8: SWOT analyse Maatregel 1

4.1.5.3 Maatregel 2 - Zonering gebaseerd op indicator NAT die veelvuldige matig luide overvluchten in rekening breng, vb. $L_{Amax,100x} = 60$ of NAT60 =100



Figuur 9: SWOT analyse Maatregel 2

4.1.5.4 Maatregel 3 - Behandelen van geluidsniveau tijdens de nacht per uur



Figuur 10: SWOT analyse Maatregel 3

in kader van studies in opdracht van de Vlaamse overheid.⁷⁷ De piekgeluidscriteria werden niet weerhouden bij het uiteindelijke gewestelijke voorschrift⁷⁸. Deze maatregel zal aldus niet verder meegenomen worden in DEEL 3 van deze studie.

4.2 INVLOED ACHTERGRONDGELOUIDSNIVEAU

4.2.1 Bespreking achtergrondgeluidsniveau

Achtergrondlawaai kan een maskerend effect hebben afhankelijk van de aard en luidheid van het achtergrondlawaai en de aard en luidheid van het te maskeren geluid.

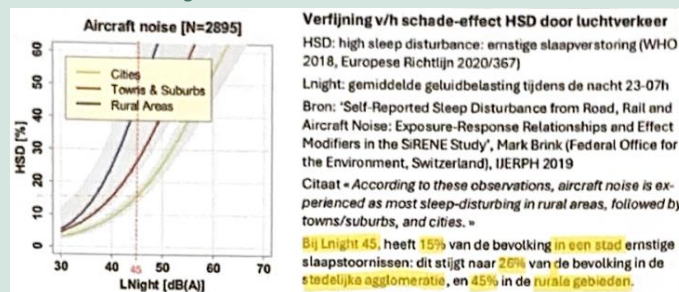
4.2.1.1 Belang van deze parameter

Cfr. WGL⁷⁹ kan het achtergrondgeluid het vliegtuiglawaai maskeren. Zij stellen dan ook een differentiatie in toelaatbare geluidsniveaus voor in functie van de stedelijkheid van het gebied zoals ook in de VLAREM wetgeving wordt gehanteerd. Deze methodiek wordt ook gehanteerd in de Zwitserse wetgeving, waarbij een differentiatie wordt gemaakt in gevoeligheidsklasse.

Intermitterend geluid blijkt het meest stressvol te zijn wanneer het sterk boven het achtergrondgeluid uitsteekt. In het algemeen is LA90 of LA95 10 dB lager in landelijke gebieden vergeleken met stadscentra op autoloze zondagen. De moeilijkheid is echter om betrouwbare en representatieve achtergrondgeluidsgegevens te vinden.

WGL verwijst hierbij naar onderzoek van Brink⁸⁰ waarin wordt aangetoond dat vliegtuiggeluid als meest slaapverstorend ervaren wordt in landelijke gebieden, vervolgens in gemeenten of buitenwijken en tot slot in steden.

Bij L_{night} 45 dB(A) heeft 15% van de bevolking in een stad ernstige slaapstoornissen. Dit stijgt naar 26% van de bevolking in de stedelijke agglomeraties en 45% in de rurale gebieden.



Gelijkaardige conclusies kwamen cfr. WGL ook voor in onderzoek van Schreckenberger⁸¹, maar dan met betrekking tot L_{den} in plaats van L_{night} .

Bij L_{den} 45 dB(A) is het percentage ernstig gehinderden (%HA) 2,5 keer hoger voor gebieden met een laag achtergrondgeluidsniveau in vergelijking met gebieden met een hoger geluidsniveau. Dit verschil verdwijnt bij geluidsniveaus L_{den} vanaf en hoger dan 55 dB(A).

Als achtergrondgeluidsniveau werd (bijna niet intermitterend) wegverkeerslawaai gehanteerd.

⁷⁷ Richtlijn 2002/49/EG Opmaak actieplan voor Brussels Airport. Onderzoek naar maatregelen ruimtelijke ordening, eindrapport, SUM Research-GIM - Daedalos-Peutz, 05 april 2011.

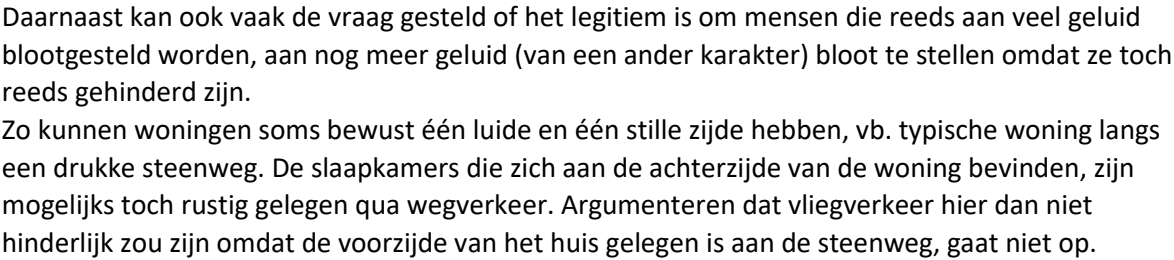
P. Poncet, L. Schillemans, M., Vandersickel (2020). Ontwikkeling en toepassing van een gewestelijk voorschrift voor de akoestische gevelisolatie van woningen tegen weg-, spoor- en luchtverkeerslawaai - deel 1: internationale verkennende literatuurstudie, Tractebel, in opdracht van het Departement Omgeving.

⁷⁸ M. Vandersickel, K. De Beukelaer, D. Roels. Akoestische gevelisolatie binnen de sterk geluidbelaste zone rond de luchthaven Brussel-Nationaal, Sweco, in opdracht van Departement Omgeving, oktober 2024.

⁷⁹ Uit: WGL, WGL Selected research for Aircraft Noise and UFP pollution, 2023A)

⁸⁰ M. Brink et al.: 'Self-Reported Sleep Disturbance from Road, Rail and Aircraft Noise: Exposure-Response Relationships and Effect Modifiers in the SiRENE Study'; Int. J. Environ. Res. Public Health 2019;

⁸¹ D. Schreckenberger, R. Guski et al. 'The role of sound emergence for aircraft noise annoyance'; Inter-Noise 2022 Conference



Achtergrondlawaai kan een maskerend effect hebben afhankelijk van de aard en luidheid van het achtergrondlawaai en de aard en luidheid van het te maskeren geluid.

Echter zijn er een aantal randvoorwaarden opdat achtergrondlawaai een maskerend effect zou hebben. Wanneer het zendsignaal (geluidshinder van een overvlucht) en het achtergrondgeluid (vb. omgevingsgeluid tgv wegverkeer) verschillend is qua spectrale inhoud, zijn de globale geluidsniveaus niet één op één te vergelijken. Ook wanneer ze een ander verloop kennen (intermitterend versus continu geluid), dient het maskerend effect voorzichtig ingeschat worden. Bovendien is het achtergrondgeluidsniveau niet steeds overal aanwezig in de woning.

Eenzijds lijkt het wel acceptabel om immissienormen of geluidszonering te differentiëren naargelang het heersende achtergrondgeluidsniveau, gezien een gedeeltelijke maskering te verwachten valt. **Echter is een hoger achtergrondgeluidsniveau geen garantie op maskering.**

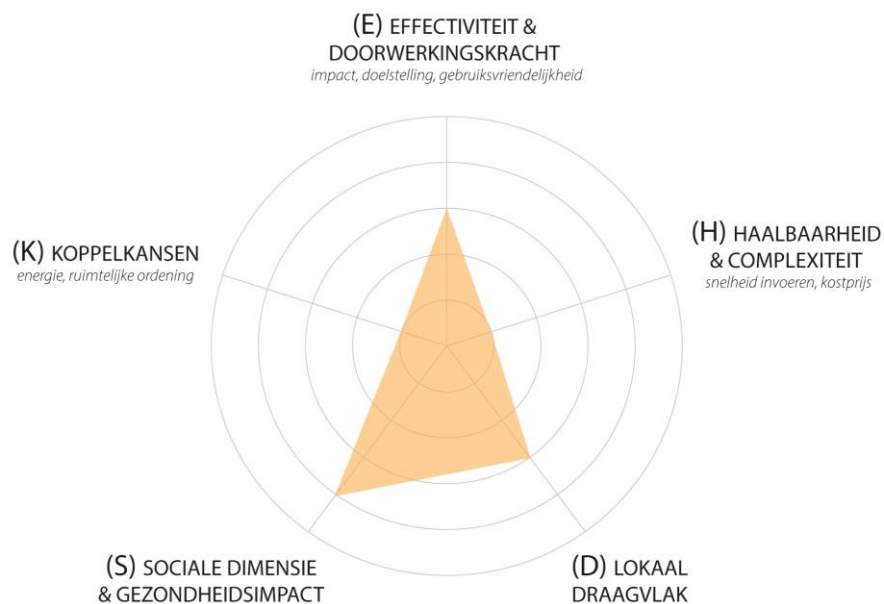
Onderstaande tabel geeft een overzicht van op welke manier achtergrondgeluid in rekening worden gebracht bij de opmaak van zoneringskaarten bij de 5 bestudeerde Europese luchthavens.

Tabel 11: Overzicht op welke manier achtergrondgeluid in rekening worden gebracht bij de opmaak van zoneringskaarten bij de 5 bestudeerde Europese luchthavens



Figuur 12: SWOT analyse Maatregel 5

4.2.3.2 Maatregel 6: In rekening brengen van achtergrondgeluidsniveau door cumulatie van strategische geluidsbelastingkaarten voor weg- en spoorverkeer



Lawaai heeft notie van gevaar en wordt door CZS verwerkt:

- Via autonoom zenuwstelsel (AZS - oncontroleerbaar): met verhoging bloeddruk (BD) en hartfrequentie (HF) en verhoging stresshormoon tot gevolg: hiervoor bestaat GEEN GEWENNING of 'habituation';
- Op corticaal niveau (bewuste reactie): hier is wel gewenning mogelijk. Tijdens de nacht is 'gewenning' vaak eerder gevolg van toename van de slaapdruk door slaapttekort (te korte slaapduur en/of verlies van slaapstructuur).

Gevoeligheid voor lawaai is extreem en dit veel meer tijdens de nacht (slaap) dan tijdens de dag (waak): het lichaam reageert tijdens de slaap vanaf:

- 32 dB LAMax (motiliteit)⁸⁶;
- 35 dB LAMax (bloeddruk)⁸⁷ ;
- 45 dB LAMax (wakker worden)⁸⁸.

- Gevoeligheid voor lawaai is extreem en dit veel meer tijdens de nacht (slaap) dan tijdens de dag (wak): het lichaam reageert tijdens de slaap vanaf:
- 32 dB L_{Max} (motiliteit)⁸⁶;
 - 35 dB L_{Max} (bloeddruk)⁸⁷ ;
 - 45 dB L_{Max} (wakker worden)⁸⁸.

Gevoeligheid voor lawaai is extreem en dit veel meer tijdens de nacht (slaap) dan tijdens de dag (wak): het lichaam reageert tijdens de slaap vanaf:

- 32 dB L_{Max} (motiliteit)⁸⁶;
- 35 dB L_{Max} (bloeddruk)⁸⁷ ;
- 45 dB L_{Max} (wakker worden)⁸⁸.

- 32 dB LA_{max} (motiliteit)⁸⁶;
- 35 dB LA_{max} (bloeddruk)⁸⁷;
- 45 dB LA_{max} (wakker worden)⁸⁸.

In de presentatie van WGL wordt enerzijds verwezen naar (Basner, A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep, 2018)

Subjects exposed to noise usually habituate... However habituation is not complete, i.e. subjects continue to react to noise events even after several years of noise exposure. Unfortunately, little is known about individual differences in the ability to habituate to noise and potential predictors.

Subjects exposed to noise usually habituate... However habituation is not complete, i.e. subjects continue to react to noise events even after several years of noise exposure. Unfortunately, little is known about individual differences in the ability to habituate to noise and potential predictors.

... en anderzijds naar (Basner, Single and Combined Effects of Air, Road and Rail Traffic Noise on Sleep and Recuperation, 2010)

A significant habituation effect was found for cortical arousals across study nights, and for both cortical and cardiac arousals within the same study night"

A significant habituation effect was found for cortical arousals across study nights, and for both cortical and cardiac arousals within the same study night"

4.3.1.2 Samenvattend

Uit verscheidene bronnen lijkt het alsof gewenning wel optreedt voor de bewuste reactie (men valt sneller terug in slaap na ontwaken, men is minder gevoelig omdat men de bron van het geluid kent, ...) maar dat gewenning niet optreedt bij de fysische reactie van veelvuldige blootstelling.

Uit verscheidene bronnen lijkt het alsof gewenning wel optreedt voor de bewuste reactie (men valt sneller terug in slaap na ontwaken, men is minder gevoelig omdat men de bron van het geluid kent, ...) maar dat gewenning niet optreedt bij de fysische reactie van veelvuldige blootstelling.

4.3.2 Reflectie naar 5 Europese luchthavens

Geen van de onderzochte luchthavens hield enigszins rekening met het fenomeen van gewinning.

Geen van de onderzochte luchthavens hield enigszins rekening met het fenomeen van gewinning.

4.3.3 Reflectie naar toepassing op luchthaven Brussel-nationaal

Gezien er geen eenduidige voorbeelden bestaan voor het integreren van gewinning als onderdeel van zoneringskaarten, worden geen maatregelen weerhouden.

Gezien er geen eenduidige voorbeelden bestaan voor het integreren van gewinning als onderdeel van zoneringskaarten, worden geen maatregelen weerhouden.

⁸⁶ TNO 2002.028 Slaapverstoring door vliegtuiggeluid 441520019

⁸⁸ WHO report on environmental noise Berglund et al 1999

⁸⁸ WHO report on environmental noise Berglund et al 1999

5 CONCLUSIE BESTAANDE VOORSTELLEN VOOR GELUIDSBEHEERSING MET FOCUS OP PIJLER 2

Beide geanalyseerde voorstellen starten vanuit eenzelfde observatie: dat de huidige gebruikte waarden van L_{den} en L_{night} onvoldoende de waargenomen hinder en gezondheidseffecten bij omwonenden capteert. Echter, elk voorstel focust op een andere invulling van welke parameters bijkomend in rekening gebracht moeten worden.

Actie Noordrand wijst vooral op het belang van overvluchtfrequentie, terwijl WerkGroepLeuven eerder focust op afhankelijkheid van het achtergrondgeluidsniveau en een combinatie van piekniveaus en de gemiddelde waarden L_{den} en L_{night} . Uit bovenstaande analyse is het duidelijk dat aanvullende indicatoren zeker beter bij de werkelijke hinder aansluiten.

- *Piekniveaus*: Vanuit gezondheidskundig onderzoek lijkt er geen tegenargument te zijn om piekniveaus niet in rekening te brengen tijdens de nachtperiode, maar over de waarde is geen éénduidige consensus.
- *Frequentie*: Om een correcte uitspraak te doen over de legitimiteit van het gebruik van de ontwaakreactie per overvlucht om de globale ontwaakreactie per nacht te bepalen, waarop het kwantitatief belang van vliegfrequentie steunt, is bijkomend onderzoek nodig. Gezien verscheidene gekwalificeerde onafhankelijke onderzoeksorganismen het belang onderstrepen, lijkt het belang wel degelijk aangetoond, maar mogelijks niet 100% correct gekwantificeerd. Hoewel er ook wetenschappelijke studies het tegendeel aanduiden. Bijkomend diepgaand onderzoek is hier aldus vereist.
Over de drempelwaarde vanaf wanneer overvluchten in rekening gebracht moeten worden, is geen éénduidige consensus.
- *Achtergrondgeluidsniveau*: Enerzijds lijkt het wel acceptabel om immissienormen of streefwaarden te differentiëren naargelang het heersende achtergrondgeluidsniveau, gezien een gedeeltelijke maskering te verwachten valt. Echter is een hoger achtergrondgeluidsniveau geen garantie op maskering.
- *Gewenning*: Uit verscheidene bronnen lijkt het alsof gewenning wel optreedt voor de bewuste reactie (men valt sneller terug in slaap na ontwaken, men is minder gevoelig omdat men de bron van het geluid kent, ...) maar dat gewenning niet optreedt bij de fysische reactie van veelvuldige blootstelling.

5.1 REFLECTIE ANDERE LUCHTHAVENS IN EUROPA

Onderstaande tabel geeft een overzicht op welke manier de 4 verschillende onderzochte aspecten nl. de piekintensiteit, het aantal gebeurtenissen (frequentie), het verschil tussen pieklawaai en niveau van achtergrondlawaai en gewinning, worden benaderd in de 5 onderzochte luchthavens, zoals geselecteerd in DEEL 1 van voorliggende studie.

Op basis van bovenstaand onderzoek en de reflectie naar de verschillende onderzochte luchthavens, werden verscheidene maatregelen onderzocht in functie van het vastleggen van drempelwaarden voor de zonering met daaraan gekoppelde maatregelen.

Tabel 13: overzicht SWOT analyse van gedefinieerde maatregelen met betrekking tot het zoneringskader

Een aanvullend criterium dat rekening houdt met de hoogste geluidspieken (Z1) of met veelvuldige stillere overvluchten (Z2) sluit beter aan bij de werkelijke hinder en heeft meer draagvlak omdat dit begrijpelijker is. De invoering ervan in functie van zonering vraagt een doorrekening van de toekomstig te voorziene situatie. Over de waarden is geen éénduidige consensus, wat tot verder onderzoek of discussie kan leiden. Echter hoeft dit de invoering niet tegen te houden, gezien drempelwaarden geen uitspraak doen over wat gezondheidskundig aanvaardbaar is of niet, maar eerder een grens trekken waar maatregelen getroffen worden. Deze drempelwaarden worden niet louter op basis van gezondheid gedefinieerd, maar tevens op economische haalbaarheid en geografische realiteit. De keuze van drempelwaarden is echter zeer bepalend voor de zone waartoe deze indicator leidt en kan resulteren in zeer grillige contouren.

Deze aanvullende criteria zijn voornamelijk van belang tijdens de nachtperiode omdat het in eerste instantie ontwaakreacties betreft. Deze aanvullende criteria zouden dus gehanteerd kunnen worden om een bijkomende nachtzone te creëren waaraan specifiek voor de slaapfuncties bijkomende maatregelen worden gekoppeld.

Het bepalen van de nodige gevelisolatie op basis van de effectieve optredende piekniveaus (Z4) is dan weer zeer moeilijk haalbaar. Ondanks dat dit goed aansluit bij de werkelijke hinder en begrijpelijk is voor de bewoners, vraagt dit specifieke tussenkomst van akoestische specialisten, metingen ter plaatse en complexe berekeningen, waardoor het vrij onhaalbaar lijkt om dit verplicht als maatregel op te leggen. Bovendien werd in eerdere studies naar het ontwerp van het gewestelijk akoestisch voorschrift akoestische gevelisolatie op basis van piekgeluiden niet weerhouden. Deze maatregel zal aldus niet verder in DEEL 3 opgenomen worden. Wel kan dit een informatieve maatregel zijn voor de bewoners die op eigen kosten beter willen doen.

Naast bovenstaande analyse van het al dan niet in rekening brengen van de 4 verschillende onderzochte aspecten nl. de piekintensiteit, het aantal gebeurtenissen (frequentie), het verschil tussen pieklawaai en niveau van achtergrondlawaai en gewinning, zijn nog andere vragen relevant bij het bepalen van een beleidsmatig zoneringskader. Deze worden verder in DEEL3 van deze studie behandeld.

REFERENCES

Hieronder wordt een lijst gegeven van enkele vaak geciteerde referenties. Overige referenties worden in voetnoot weergegeven.

- Basner. (2010). *Single and Combined Effects of Air, Road and Rail Traffic Noise on Sleep and Recuperation*.
- Basner. (2018). *A systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep*.
- Basner, M. (2018). *Environmental Noise and Sleep Disturbance WHO Int J Environ Res and Public Health*. /.
- END. (2002). *RICHTLIJN 2002/49/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai*. Europees parlement.
- Envisa. (2023). *Health-Economic Impact of the aircraft noise from Brussels Airport*. Brussel: Bond Beter leefmilieu.
- Goethals, M. (2023). *Analyse van de totstandkoming en implicaties van de invoering van de route Leuven-Rechtdoor zoals gevraagd door de auteurs van de 'Ontwerpresolutie Leuven-Rechtdoor'*. Leuven.
- Hoge Gezondheidsraad. (2024). *De gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai en luchtverontreiniging in de omgeving van Brussels Airport, advies nr 9741*. Brussel: HGR.
- ICAO. (2008). *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*. Brussel.
- NGR. (2004). *The influence of Night-time Noise on Sleep and Health*. Nederlandse Gezondheids Raad.
- TNO. *Geluidverstooring in de woonomgeving PGVGZ 99.023*.
- WGL. (2022A). *WGL Advies voor geluidbeheer Brussels Airport 2022+*. Leuven: WerkGroepLeuven.
- WGL. (2022B). *WGL Evaluatie van de ENVISA Studie 2022*. Leuven: WerGroepLeuven.
- WGL. (2023A). *WGL Selected research for Aircraft Noise and UFP pollution*. Leuven: WerkGroepLeuven.
- WGL. (2025A). *WGL Advice for Noise Management Brussels Airport*. WerGroepLeuven.
- WHO. (1999). *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen: World Health Organization.
- WHO. (2018). *Environmental noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO.
- Working Group on Health and Socio-Economic Aspects. (2004). *Position Paper on dose-effect relationships for night time noise*. Working Group on Health and Socio-Economic Aspects.
- Wyckaert, H. (2024). *VLEGTUIGLAWAAI EN GEZONDHEID/LEEFMILIEU*. Brussel: Actirgroep Noordrand.
- Wyckaert, H. (2025). *Vorbereiding gesprek SWECO-VLAREG 24032025*. Brussel: Actiegroep Noordrand.
- Wyckaert, H. *LAmox of aantal overvluchten of concentratie versus spreiding in een dichtbevolkt gebied*. Brussel: Actiegroep Noordrand.

BIJLAGE 1: OVERZICHT BELANGRIJKE INSTANTIES / STUDIES

Hieronder worden enkele belangrijke instanties of studies gekaderd.

HOGE GEZONDHEIDSRaad

De Hoge Gezondheidsraad (HGR) van België is een onafhankelijk netwerk van experts dat wetenschappelijk onderbouwde adviezen verstrekt over de volksgezondheid aan beleidsmakers en gezondheidswerkers. De Raad opereert onder de bevoegdheid van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

De Raad evalueert wetenschappelijke gegevens en literatuur over allerlei gezondheidskwesties. Op basis hiervan formuleert de Raad adviezen over uiteenlopende onderwerpen, variërend van de veiligheid van voedingsmiddelen en vaccins, over milieugerelateerde gezondheidsrisico's tot geestelijke gezondheidsproblemen.

Het doel van de Hoge Gezondheidsraad is om beleidsmakers, gezondheidsprofessionals en het publiek te voorzien van betrouwbare informatie en aanbevelingen, waardoor zij geïnformeerde beslissingen kunnen nemen om de volksgezondheid te beschermen en de individuele gezondheid te bevorderen. Hun onafhankelijkheid is dan ook één van hun belangrijkste pijlers. Om die onafhankelijkheid te vrijwaren, beoordeelt een externe Commissie voor Deontologie op systematische manier de belangen en potentiële belangenconflicten van onze experts.

Zo verzekeren zij zich ervan dat de aanbevelingen van de Hoge Gezondheidsraad gebaseerd zijn op objectieve wetenschappelijke analyse, los van politieke of commerciële belangen.⁹⁰

(Gezondheidsraad, 2024)

Gezondheidsraad, H. (2024). De gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai en luchtverontreiniging in de omgeving van Brussels Airport, advies nr 9741. Brussel: HGR

Dit rapport van de Belgische Hoge Gezondheidsraad (HGR) analyseert de gezondheidsschade van de luchtvaartactiviteiten van Brussels Airport (Zaventem) op de bewoners van de dichtbevolkte omliggende gebieden. Het werd opgesteld als antwoord op een adviesaanvraag van de federale minister van Sociale Zaken en Volksgezondheid in oktober 2022.

Dit rapport geeft een overzicht van de huidige gepubliceerde wetenschappelijke kennis, verkregen door het verzamelen van gegevens uit verschillende bestaande studies over Brussels Airport, maar ook door het identificeren van hiaten in de kennis en het houden van hoorzittingen met experts over studierapporten van luchthavens in Frankrijk (ACNUSA), Duitsland (NORAH studie) en Nederland (RIVM studie).

Het rapport geeft een antwoord op een aantal vragen in de adviesaanvraag en is daarom mogelijk gekleurd door de vraagstelling.

WERELDGEZONDHEIDSORGANISATIE (WGO/WHO)

De Wereldgezondheidsorganisatie is een team (> 8000) met deskundigen op het gebied van de volksgezondheid, waaronder artsen, epidemiologen, wetenschappers en managers. Samen coördineren zij de wereldwijde reactie op gezondheidssituaties, bevorderen ze welzijn, voorkomen ze ziekten en vergroten ze de toegang tot gezondheidszorg. Door landen, mensen en partners te verbinden met wetenschappelijk bewijs waarop ze kunnen vertrouwen, streven ze ernaar iedereen een gelijke kans te geven op een veilig en gezond leven. De raad is organisatie van 194 lidstaten.

De WHO, als de leidende en coördinerende autoriteit op het gebied van internationale gezondheid binnen het systeem van de Verenigde Naties, houdt zich aan de VN-waarden van integriteit, professionaliteit en respect voor diversiteit. De waarden van het WHO-personeel weerspiegelen bovendien de principes van mensenrechten, universaliteit en gelijkheid die zijn vastgelegd in de Grondwet van de WHO, evenals de ethische normen van de Organisatie. Deze waarden zijn geïnspireerd op de visie van de WHO van een wereld waarin alle mensen het hoogst mogelijke niveau van gezondheid bereiken, en hun missie om gezondheid te bevorderen, de wereld veilig te houden en de kwetsbaren te dienen, met meetbare impact voor mensen op landenniveau. Ze zijn zowel individueel als collectief toegewijd om deze waarden in de praktijk te brengen.

⁹⁰ <https://www.hgr-css.be/over-ons>

1999: (WHO, Guidelines for community noise, 1999)

2009: (WHO, Night Noise Guidelines for Europe, 2009)

⇒ o.a. Verstrenging van de richtlijnen tijdens de nacht

⇒ Aanvulling en update van richtlijnen in 1999 en 2009 gebaseerd op meer recente info en evolutie in deze sector

Daarnaast stuurt de Gezondheidsraad nadrukkelijk op beleidsrelevantie en omgevingsbewustzijn. De adviezen stoppen niet bij een wetenschappelijke analyse, maar geven ook blijk van inzicht in de uitvoeringspraktijk en in de maatschappelijke, politieke en bestuurlijke context waarin de adviezen landen. Dat vergroot de kans dat de adviezen worden opgevolgd en leiden tot verbeteringen.

de Franse autoriteit voor de controle op luchthavenoverlast (ACNUSA)

Uit (Gezondheidsraad, 2024), p8:

c) Een slaapstudie uitgevoerd bij deelnemers aan de longitudinale studie met als doel een gedetailleerde en specifieke beschrijving te krijgen van de acute effecten van vliegtuiglawaai op de kwaliteit van de slaap. Deze studie werd uitgevoerd in samenwerking met Bruitparif, dat betrokken was bij de instrumentatie van de deelnemers thuis (akoestische metingen, actimetrische bewegingsmetingen van de ledematen, hartslag).

NORAH STUDIE

Uit (Gezondheidsraad, 2024), p8:

De NORAH-studie werd uitgevoerd over een periode van 3 jaar (2011, 2012, 2013) en richtte zich op de gezondheidseffecten van vliegtuiglawaai rond de luchthaven van Frankfurt voor en na de opening van een nieuwe landingsbaan en de invoering van een verbod op nachtvluchten:

a) Geluidshinder werd voornamelijk onderzocht door middel van online en telefonische enquêtes. De studie onderzocht ook of de invoering van het verbod op nachtvluchten leidde tot veranderingen in geluidshinder door vliegtuigen. Er werd gekeken naar de gecombineerde effecten van vliegtuig- en spoorweglawaai enerzijds en vliegtuig- en verkeerslawaai anderzijds en de blootstellings-responsrelaties werden onderzocht. Daartoe werd de blootstelling aan lawaai van vliegtuigen, spoorwegen en wegverkeer berekend voor elke deelnemer op zijn/haar thuisadres in het jaar voorafgaand aan het onderzoek.

b) Slaapverstoring werd zowel objectief gemeten door middel van polysomnografie en ECG + actigrafie, als subjectief door middel van vragenlijsten. De geluidsdrukniveaus en individuele geluidsgebeurtenissen werden continu gemeten aan het oor van de slaper. De studie vergeleek de resultaten van twee bedtijdgroepen (de ene groep blootgesteld aan vliegtuiglawaai 's avonds en 's ochtends vroeg, de andere alleen 's ochtends vroeg) met die van een veldstudie die werd uitgevoerd in de buurt van de luchthaven Keulen-Bonn, waar geen verbod op nachtvluchten gold.

c) Wat hart- en vaatziekten betreft, werden in het onderzoek gegevens van drie ziekenfondsen gebruikt en gekoppeld aan de huidige en vroegere blootstelling aan lawaai.

d) De effecten op de cognitie van kinderen en de gezondheidsgerelateerde levenskwaliteit werden onderzocht door te kijken naar drie indicatoren: leesvaardigheid en verwante vaardigheden bij kinderen, zelfgerapporteerde levenskwaliteit en zelfgerapporteerde hinder. De focus lag op kinderen in het tweede leerjaar (7-9 jaar) in scholen rond de luchthaven van Frankfurt/Main. De blootstelling aan lawaai op de scholen en thuis werd voor elk kind berekend met behulp van radargegevens van het Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System (FANOMOS) voor een periode van 12 maanden voorafgaand aan de gegevensverzameling. Scholen werden in verschillende groepen verdeeld, afhankelijk van de geluidsniveaus die overdag heersten, en er werd speciaal op gelet dat deze groepen vergelijkbaar waren (migratieachtergrond, sociaaleconomische status, enz.). Metingen werden verkregen door middel van testen op school (lezen, non-verbale intelligentie, enz.) en vragenlijsten.

ENVISA STUDIE

Uit (Envisa, 2023), p2

De studie werd uitgevoerd op vraag van Bond Beter leefmilieu met de vraag om dezelfde methodologie uit te voeren als de studie van Bruit-Parif. De auteurs (ENVISA) vraagt voorzichtigheid met de interpretatie van hun werk en geven geen commentaar bij de validiteit van de berekende cijfers of conclusies die hieruit getrokken worden. De resultaten zijn in lijn met de resultaten van de Bruit-Parif studie.

Uit (Gezondheidsraad, 2024), p9:

In België werd in 2023 in opdracht van "Bond Beter Leefmilieu" een korte studie uitgevoerd door een Frans adviesbureau, ENVISA, om de gezondheidseconomische impact van vliegtuiglawaai op de omwonenden van de luchthaven van Brussel te beoordelen. De auteurs gebruikten dezelfde methodologie als voor een studie die in 2021 werd uitgevoerd door Bruitparif in Île de France (Coût social du bruit en Île de France) en hun resultaten komen overeen met die van deze laatste. Met geluidscontouren van 2019 voor Lden 45 dB(A) en Night 40 dB(A), volgens de aanbevelingen van de WHO-richtsnoeren van 2018, werd berekend dat 220 000 mensen ernstige hinder ondervinden, wat neerkomt op 4380 DALY's en een gezondheidseconomische kost van 578 miljoen euro per jaar. Ernstige slaapverstoring bij 109 999 mensen komt overeen met 7630 DALY's en een bijbehorende kostenpost van 1 miljard euro per jaar. Daarnaast geeft blootstelling aan lawaai 2000 mensen een verhoogd risico op ischemische hartaandoeningen (evidence base van zeer lage kwaliteit, WHO 2018) en 51 000 mensen een verhoogd risico op hypertensie (evidence base van lage kwaliteit, WHO 2018), wat kan overeenkomen met 6.800 DALY's en een potentiële gezondheidseconomische kostprijs van bijna 900 miljoen euro per jaar.