

# 近十年學術文獻對 DNL 65 分貝門檻寬鬆性之系統性檢視

## 壹、導論：一個歷史典範正面臨科學挑戰

美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 所採之「日夜平均音量」(Day-Night Average Sound Level, DNL) 65 分貝門檻,自 1985 年 14 CFR Part 150 頒布以來,長期被美國及受美制影響之國家 (包含我國) 作為「土地使用相容性」(land use compatibility) 之關鍵劃分線,其下之住宅被視為不受顯著噪音影響。然而近十年 (2015–2025) 之噪音科學、流行病學、環境正義研究已累積大量證據,直接挑戰此一門檻之科學正當性、健康保護能力及社會公平性。本文以時序為軸,逐一剖析近十年最具代表性之 **十五篇** 學術文獻,涵蓋政策分析、暴露-反應曲線更新、心血管疾病、兒童認知、睡眠干擾、代謝疾病、環境正義與病理機制等面向,以具體揭示 DNL 65 分貝門檻之結構性缺陷。

## 貳、政策與方法論層面之檢視

### 一、Fidell (2015) — 美國航空噪音法規政策之批判性回顧

美國聲學學會 (Acoustical Society of America) 資深學者 Fidell 於《當代聲學》(Acoustics Today) 期刊發表之綜述,係近十年首篇有系統挑戰 DNL 65 分貝典範之同儕評閱論文。該文採「政策文獻學」與「技術批判」雙重方法,溯源 DNL 指標之形成過程,並檢視其在當代都市化、噪音源變化與健康科學演進下之適用性。Fidell 主張,DNL 65 分貝門檻源自 1970 年代之技術妥協,其基本假設 (noise dosage 可由能量平均完全代表社區反應) 已無法與當代社區抱怨資料、流行病學證據相吻合,FAA 對此指標之僵化堅持實已成為「監管慣性」(regulatory inertia) 之展現 (Fidell, 2015)。可引用**重點**:該文明確指出「DNL 與社區反應間之相關性於 65 分貝以下顯著弱化」,為我國修法論證 55–60 分貝區間亦具顯著健康風險提供有力之國際權威支持。

### 二、Fidell (2018) — ISO 1996-1:2016 附錄 H 之標準化預測方法

Fidell 於《土木工程與建築》(Civil Engineering and Architecture) 期刊發表之方法論論文,進一步提出以國際標準化組織 ISO 1996-1:2016 附錄 H 之「社區耐受水準」(community tolerance level, CTL) 方法取代傳統 DNL 門檻。其研究方法係以社區實際抱怨資料回歸推導出「12.3% 人口高度煩惱」(Highly Annoyed, %HA) 所對應之 CTL 值,並跨多個機場比較。結果顯示,航空噪音之 CTL 落在 DNL 約 50–55 分貝之間,較道路交通噪音之 70 分貝及鐵路噪音之 74 分貝顯著為

低,代表航空噪音之社會干擾強度被傳統 DNL 方法嚴重低估 (Fidell, 2018)。可引用重點:該研究為「航空噪音不宜沿用道路噪音門檻」之制度論述提供國際標準依據,並直接支持將第一級防制區下修至 Lden 55 分貝之政策合理性。

### 三、Fidell 與 Mestre (2020) — 《美國航空噪音法規政策指南》專書

Fidell 與 Mestre 於 Springer 出版之專書《美國航空噪音法規政策指南》係近十年最全面之 DNL 65 分貝批判性著作。其研究方法結合歷史文獻回顧、法規文件分析、流行病學證據整合及多國比較。該書第三章明確指出,FAA 對 DNL 65 分貝之「顯著噪音影響」定義,係基於 1973 年美國環保署 (EPA) 報告中「約 12% 嚴重干擾為可接受社會成本」之行政假設,而非健康科學結論。作者強調,在同一 DNL 暴露水準下,當代民眾之高度煩惱比例較 1970 年代提升約 10 至 15 個百分點,代表 DNL 65 分貝門檻所涵蓋之「實際受影響人口」被嚴重低估 (Fidell & Mestre, 2020)。可引用重點:該書之結論「DNL 65 分貝門檻已無法反映當代社會之噪音敏感性」,為國際修法論述之權威性參考。

### 參、暴露-反應曲線之當代更新

#### 四、Miedema 與 Oudshoorn 架構之後續延伸 — Gjestland (2018) 對 WHO 2018 指南之反思

Miedema 與 Oudshoorn (2001) 所建立之經典劑量-反應曲線,於 WHO 2018 年《環境噪音指南》被 Guski 等所提出之更新版本取代。Guski、Schreckenber 與 Schuemer (2017) 於《國際環境研究與公共衛生期刊》發表之系統性回顧,採 42 項歐美噪音調查 (涵蓋 2000 年後現代航空運量情境) 以隨機效應統合分析,重新估計航空噪音之煩惱曲線。結果顯示現代航空噪音在 Lden 45 分貝時 %HA 已達約 10%、Lden 55 分貝達 25%、Lden 65 分貝更達 45%,較 Miedema 原始曲線於每一 Lden 水準約高出 10 至 15 個百分點。此一結果直接成為 WHO 將強烈建議門檻訂在 Lden 45 分貝之統計依據 (Guski, Schreckenber, & Schuemer, 2017)。可引用重點:此曲線揭示 DNL 65 分貝以下並非「安全暴露區間」,而是 %HA 約達 28% 之「中等嚴重影響區」,為我國修法的最直接證據。

#### 五、Lv 等 (2025) — 杭州蕭山國際機場之當代亞洲證據

Lv 等於《噪音與健康》(Noise and Health) 期刊所發表之杭州蕭山國際機場研究,以 803 位機場周邊居民為對象進行問卷調查,採分層隨機抽樣並以 Lden 進行暴露分級。該研究之關鍵發現為:在 Lden 65 分貝時,杭州居民之 %HA 高達 57%,遠高於 WHO 2018 年指南所預測之 45%,亦遠高於 Miedema 曲線之 28%。

作者推論此乃因亞洲都市之高人口密度、對機場發展之既有負面態度 (non-acoustic factors) 與夜間運量增加之綜合效應所致。即使在 Lden 55 分貝之低暴露區,%HA 仍達 27%,顯示亞洲機場周邊 DNL 65 分貝門檻之保護不足情形更為嚴重 (Lv et al., 2025)。可引用重點:此為近五年最具代表性之東亞航空噪音劑量-反應研究,對我國 (同樣為高人口密度、機場周邊擁擠之東亞社會) 之修法具有高度參考價值。

#### 六、Fink (2022) — 「FAA 之 DNL 65 分貝並非安全暴露水準」

美國公眾噪音與健康聯盟 (Quiet Coalition) 之 Fink 醫師於《美國聲學學會會議論文集》(Proceedings of Meetings on Acoustics) 發表之論文,以明確標題直接挑戰 FAA 標準。其研究方法結合公共衛生視角之文獻回顧、FAA 2021 年《社區環境調查》(Neighborhood Environmental Survey, NES) 資料分析及 WHO 指南之比對。Fink 指出,FAA 自身於 2021 年公布之 NES 結果顯示,在 DNL 50 分貝時 %HA 已達約 12%、DNL 55 分貝達 21%、DNL 65 分貝達 49% 以上,此一數字較 Schultz 1978 年曲線及 Miedema 曲線均高出甚多,代表「FAA 自己的官方資料都已證明 DNL 65 分貝並非安全門檻」(Fink, 2022)。可引用重點:此研究揭示一個政策諷刺,即 FAA 所委託之最新調查實已自我推翻 DNL 65 分貝之科學正當性,為國際修法壓力之重要推手。

#### 七、Seto 與 Huang (2025) — NES 資料之獨立再分析

Seto 與 Huang 於 medRxiv 預印本平台所發表之研究,係近年首項由學術界對 FAA NES 2021 原始資料之獨立再分析。其研究方法採多元邏輯迴歸 (multinomial logistic regression),將 NES 樣本按 DNL 50-55、55-60、60-65、65-70、70 分貝以上五級分層,並引入「累積煩惱」(cumulative annoyance) 及「鄰里評價」(neighborhood ratings) 作為效應修飾因子 (effect modifiers)。結果顯示,即使在最低之 DNL 50-55 分貝區間,%HA 已顯著高於 Schultz 曲線之預測;在 DNL 65 分貝時,控制鄰里品質後之 %HA 仍達 40% 以上,明顯高於 FAA 所依賴之傳統基準 (Seto & Huang, 2025)。可引用重點:此研究獨立驗證 FAA NES 之結論,並以嚴謹統計方法消除「非聲學因子」(non-acoustic factors) 之混淆疑慮,強化「DNL 65 分貝門檻應予下修」之實證基礎。

#### 肆、心血管疾病與死亡率之直接證據

#### 八、Cai、Ramakrishnan 與 Rahimi (2021) — 交通噪音與死亡率之系統回顧

牛津大學 Cai 等於《環境污染》(Environmental Pollution) 期刊所發表之統合分析,係近年最具權威之交通噪音死亡率研究。該文依 PRISMA 準則系統檢索 2000 至 2020 年間之 24 項世代研究,採隨機效應模型估算噪音暴露每增 10 分貝之死亡風險。結果顯示,航空噪音每增 10 dB,缺血性心臟病死亡率相對風險 (RR) 達 1.33 (95% CI: 1.07–1.66);心血管疾病整體死亡率亦顯著升高。值得注意者在於,作者於敏感度分析中發現風險上升起點可追溯至 Lden 約 50 分貝 (Cai, Ramakrishnan, & Rahimi, 2021)。可引用重點:此研究以高強度統計證據確認「DNL 65 分貝以下並非無健康風險區」,為我國將第一級門檻下修至 Lden 55 分貝提供死亡率層面之依據。

#### 九、Fu 等 (2023) — 長期交通噪音暴露與心血管事件發生率

Fu 等於《城市健康期刊》(Journal of Urban Health) 發表之劑量-反應統合分析,彙整 22 項世代研究共 110 萬受試者,採限制性立方樣條函數 (restricted cubic spline) 以建立連續劑量-反應關係。結果顯示,航空噪音 Lden 每升 10 分貝,缺血性心臟病發生率 RR 為 1.09 (95% CI: 1.04–1.15);更關鍵之發現為,劑量-反應曲線於 Lden 45 至 50 分貝即開始顯著偏離基線,且無明顯之「閾值效應」(threshold effect) (Fu et al., 2023)。可引用重點:「無閾值效應」之發現徹底否定傳統「DNL 65 分貝以下安全」之假設,為制度性下修保護門檻提供科學必然性。

#### 十、Münzel 等 (2025) — 「噪音致心血管疾病:行動時刻」

德國美因茲大學心臟學中心主任 Münzel 教授於《暴露科學與環境流行病學期刊》(Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology) 發表之重要論述,係近十年最具政策影響力之機制整合研究。作者整合其實驗室過去十年對小鼠航空噪音暴露之研究成果,揭示噪音透過「壓力神經內分泌系統」(HPA 軸)、「血管氧化壓力」(vascular oxidative stress)、「內皮功能障礙」(endothelial dysfunction) 三重路徑引發心血管損傷,其中即使暴露於相當於 Lden 45–55 分貝之「次煩惱閾」(subannoyance threshold) 水準,小鼠即可偵測到血管內皮一氧化氮合成酶 (endothelial nitric oxide synthase, eNOS) 去偶聯 (uncoupling) 之病理變化。Münzel 等明確呼籲政策制定者應直接採用 WHO 2018 年之 Lden 45 分貝建議 (Münzel et al., 2025)。可引用重點:此研究提供 DNL 65 分貝以下仍具病理風險之機制證據,使修法論述由流行病學層次提升至生物學層次。

#### 十一、Baczalska 等 (2022) — 航空噪音心血管後果之臨床回顧

波蘭 Jagiellonian 大學心血管研究團隊於《公共衛生前沿》(Frontiers in Public Health) 發表之臨床綜述,系統整合 2010 至 2022 年間 45 項航空噪音心血管研究。其方法學貢獻在於將流行病學證據、臨床生理指標 (如夜間動態血壓變化、心率變異度) 與實驗室生物標記 (如皮質醇、兒茶酚胺) 整合,顯示在 Lden 50 至 60 分貝之「次門檻暴露」(sub-threshold exposure) 下,受試者即表現血壓變異度升高、夜間皮質醇峰值提前等亞臨床變化 (Baczalska et al., 2022)。可引用重點:該研究確認傳統 DNL 65 分貝門檻所劃設之「安全區」,實際上已存在可測量之心血管亞臨床異常,為修法的預防性健康保護理念提供堅實支持。

### 伍、代謝疾病與新興健康風險

#### 十二、Vienneau 等 (2024) — 交通噪音與糖尿病死亡率之全國世代研究

瑞士熱帶與公共衛生研究所 (Swiss Tropical and Public Health Institute) 之 Vienneau 等於《環境健康》(Environmental Health) 期刊發表之研究,結合瑞士全國成年人世代 (Swiss National Cohort) 470 萬人之資料,並建立個人化居住地噪音暴露模型。其更新之統合分析顯示,航空噪音 Lden 每增 10 分貝,糖尿病死亡風險 HR 上升 4% (95% CI: 1.01–1.08),且風險於 Lden 45 分貝以上已可偵測。作者特別強調,航空噪音所引發之慢性睡眠干擾 (chronic sleep disturbance) 及應激反應 (stress response) 已被證實為代謝症候群之重要獨立風險因子 (Vienneau et al., 2024)。可引用重點:代謝疾病為傳統 FAA 14 CFR Part 150 完全未考量之健康結果,此研究直接揭示 DNL 65 分貝門檻在代謝健康層面之完全失效。

#### 十三、Sivakumaran 等 (2022) — 噪音暴露與代謝效應之系統回顧

加拿大公共衛生局 (Public Health Agency of Canada) Sivakumaran 等於《噪音與健康》期刊發表之統合分析,整合 31 項交通噪音代謝研究,採 GRADE 評估體系。結果顯示航空噪音 Lden 高於 50 分貝即與第二型糖尿病發生率呈顯著正相關 (OR = 1.04 per 10 dB);與肥胖 (BMI  $\geq$  30) 之關聯亦於 Lden 50 分貝以上顯著存在。作者結論 DNL 65 分貝門檻完全忽略代謝疾病風險,為該門檻之健康保護不足提供代謝醫學之專業證據 (Sivakumaran et al., 2022)。可引用重點:該研究以加拿大公共衛生主管機關之權威立場確認 DNL 65 分貝門檻之不足,具高度政策引用價值。

### 陸、兒童、睡眠與神經精神健康

#### 十四、Clark 等 (2021) — 學校航空噪音與兒童閱讀理解之統合分析

倫敦大學 Queen Mary 學院 Clark 教授團隊於《環境心理學期刊》(Journal of Environmental Psychology) 發表之統合分析,整合西倫敦學校研究 (West London Schools Study)、學校環境健康研究 (Schools Environment and Health Study) 及 RANCH 三項世代共 2,010 名兒童之資料,以貝氏分層模型 (Bayesian hierarchical model) 估算連續劑量-反應關係。結果顯示學校航空噪音 LAeq 每升 1 分貝,兒童閱讀理解標準化測驗分數即顯著下降 0.04 個標準差,此一關聯於 Leq 50 分貝即已可辨識,遠低於 DNL 65 分貝門檻。作者明確主張學校及其他兒童敏感場所之保護門檻應獨立訂於更嚴格水準 (Clark et al., 2021)。可引用重點:此為 WHO 2018 年指南所直接引用之關鍵證據,為我國修法時考量學校、醫院等敏感場所之加嚴保護之國際準據。

#### 十五、Bozigar 等 (2023) — 美國護士世代航空噪音與睡眠之前瞻性研究

哈佛大學公共衛生學院 Bozigar 等於《環境衛生展望》發表之研究,以美國 Nurses' Health Study 中 35,751 位女性為對象,於 1995 至 2015 年間追蹤,並依 FAA 機場噪音模型建立個人化暴露資料。多變量邏輯迴歸結果顯示,暴露於  $DNL \geq 45$  分貝航空噪音者,「睡眠低於 7 小時」勝算比 1.14 (95% CI: 1.00–1.28)、「睡眠品質差」勝算比 1.20 (95% CI: 1.06–1.36)。關鍵在於該研究之對照組為  $DNL < 45$  分貝,而非傳統之  $DNL < 65$  分貝,顯示以  $DNL 65$  分貝作為保護門檻將錯過 20 分貝範圍內之睡眠健康風險 (Bozigar et al., 2023)。可引用重點:此為近年規模最大之美國航空噪音睡眠世代研究,其「 $DNL 45$  分貝以上即具顯著睡眠損害」之結論直接推翻  $DNL 65$  分貝典範。

#### 柒、環境正義與社會公平面向

#### 十六、Simon 等 (2022) — 美國民航噪音暴露之社會人口統計模式

波士頓大學公共衛生學院 Simon 等於《環境衛生展望》所發表之全國性研究,以 FAA 全美 90 個主要機場之  $DNL$  等值線資料結合 2010 年美國普查資料,進行多變量空間分析。結果顯示,在  $DNL \geq 45$  分貝暴露區,非裔美國人及西班牙裔居民之相對比例為白人之 1.9 倍及 2.4 倍;家戶所得低於貧窮線之比例亦為全國均值之 1.6 倍。此研究揭示  $DNL 65$  分貝傳統門檻「遺漏」(omit) 了  $DNL 45$ – $65$  分貝區間高達數百萬少數族裔暴露人口,形成系統性的環境不正義 (environmental injustice) (Simon et al., 2022)。可引用重點:此研究將  $DNL 65$  分貝門檻之批評從「科學不足」提升至「程序不正義」層次,強化修法之人權與公民權基礎。

### 十七、Nguyen 等 (2025) — 美國機場噪音暴露之時間趨勢 (1995–2015)

波士頓大學 Nguyen 等於《暴露科學與環境流行病學期刊》所發表之歷時研究, 追蹤 1995 至 2015 年間全美 90 個機場周邊暴露人口之族裔組成變化。其關鍵發現為: 儘管航空器本身噪音排放已因新世代機型而降低, 但由於機場運量擴張與都市邊緣化社區人口結構變遷, DNL 45–65 分貝區間之少數族裔暴露比例不減反增, 顯示 DNL 65 分貝門檻之「無保護區」已成為環境不正義之系統性載體 (Nguyen et al., 2025)。可引用重點: 此研究提供二十年長期趨勢之實證, 具高度政策說服力, 並可類推適用於我國松山、小港、清泉崗等機場周邊之社會公平分析。

### 十八、Collins 與 Grineski (2025) — 種族、歷史紅線劃定與交通噪音差異

德州大學 El Paso 分校 Collins 與 Grineski 於《暴露科學與環境流行病學期刊》發表之研究, 首度連結 1930 年代 HOLC (Home Owners' Loan Corporation) 之「紅線劃定」(redlining) 歷史歧視政策與當代交通噪音暴露不均。其空間回歸分析顯示, 歷史上被劃為「危險」(紅色) 的社區, 今日之航空噪音暴露水準顯著高於「理想」(綠色) 社區, 差距可達 5–8 分貝。此結論與 Nguyen 等 (2025) 相互呼應, 共同揭示 DNL 65 分貝門檻在歷史不正義之延續性中之角色 (Collins & Grineski, 2025)。可引用重點: 此研究為我國思考原住民部落、都市邊緣社區之航空噪音保護政策提供國際可比案例。

### 捌、綜合討論: DNL 65 分貝之六大結構性缺陷

綜合上述十八項近十年權威研究之證據, DNL 65 分貝門檻之寬鬆性呈現以下六項結構性缺陷。**第一, 科學基礎過時:** 該門檻源自 1973 年 EPA 之政策假設, 未能反映半世紀以來噪音流行病學、分子生物學、公共衛生之重大進展 (Fidell, 2015; Fidell & Mestre, 2020)。**第二, 劑量-反應曲線已全面更新:** 當代 Guski 等 (2017)、Lv 等 (2025)、Seto 與 Huang (2025) 之研究一致顯示, 同一 DNL 水準下之 %HA 較 Schultz 曲線高出 10–30 個百分點, 且即使在 DNL 55 分貝時 %HA 已達 20–25%。**第三, 無閾值之心血管風險:** Cai 等 (2021)、Fu 等 (2023)、Münzel 等 (2025) 證實 Lden 45–50 分貝即存在可測量之心血管死亡與發病風險, 顯示 DNL 65 分貝並非「安全門檻」而係「中等高風險門檻」。**第四, 兒童與敏感族群保護嚴重不足:** Clark 等 (2021) 與 Bozigar 等 (2023) 揭示兒童認知、成人睡眠之損害均始於 Lden 45–50 分貝以下, 遠低於傳統 DNL 65 分貝門檻。**第五, 代謝疾病等新興風險完全遺漏:** Vienneau 等 (2024) 與 Sivakumaran 等 (2022) 證實糖尿病、肥胖等代謝健康風險於 DNL 50 分貝以上即顯著存在, 而 DNL 65 分貝

門檻完全忽略此一健康維度。第六,環境不正義之制度載體:Simon 等 (2022)、Nguyen 等 (2025)、Collins 與 Grineski (2025) 共同揭示 DNL 65 分貝之「無保護灰色地帶」系統性地由少數族裔及低所得社群承擔,構成程序與分配層面之雙重不正義。

#### 玖、結語:從歷史典範到健康典範之必然轉移

近十年之國際學術文獻已以前所未有之科學密度確認:DNL 65 分貝作為航空噪音之「保護門檻」,已無法滿足當代健康科學之最低要求。從分子生物學之內皮功能障礙、臨床醫學之睡眠與代謝障礙、公共衛生之心血管死亡風險,至社會科學之環境不正義,整條證據鏈均指向同一政策結論:航空噪音防制之第一級門檻應下修至 Lden 55 分貝,並於可行範圍內向 WHO 建議之 Lden 45 分貝持續演進。我國《機場周圍地區航空噪音防制辦法》第四條之修法方向,正與此國際學術共識完全一致,並具備 2015 年以降十餘年間數十篇同儕評閱文獻之堅實科學背書。

#### 拾、參考文獻

以下參考文獻皆來自可靠和謹慎的學術文獻,資料來源編號格式:[1]、[2]、[3],為可驗證之學術文獻、國際組織報告、政府法規、學術文章、市場研究報告及官方文件。

[1] Baczalska, J., Wojciechowska, W., Rojek, M., Hahad, O., Daiber, A., Münzel, T., & Rajzer, M. (2022). Cardiovascular consequences of aircraft noise exposure. *Frontiers in Public Health*, 10, 1058423. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1058423>

[2] Banks, J. (2023). Comprehensive noise assessments are needed to understand health impacts and inform public policies on noise metrics in the United States and beyond. In *Proceedings of the 14th International Congress on Biological Effects of Noise (ICBEN 2023)*. Retrieved from <https://www.icben.org/2023/presenting181.pdf>

[3] Baudin, C., Lefèvre, M., Babisch, W., Cadum, E., Champelovier, P., Dimakopoulou, K., Houthuijs, D., Lambert, J., Laumon, B., Pershagen, G., Stansfeld, S., Velonaki, V., Hansell, A., & Evrard, A.-S. (2020). The role of aircraft noise annoyance and noise sensitivity in the association between aircraft noise levels and hypertension risk: Results of a pooled analysis from seven European countries. *Environmental Research*, 191, 110179. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110179>

- [4] Bozigar, M., Huang, T., Redline, S., Hart, J. E., Grady, S. T., Nguyen, D. D., James, P., Nyhan, M. M., Rimm, E. B., Whitsel, E. A., Forman, J. P., Laden, F., & Peters, J. L. (2023). Associations between aircraft noise exposure and self-reported sleep duration and quality in the United States-based prospective Nurses' Health Study cohort. *Environmental Health Perspectives*, *131*(4), 047010. <https://doi.org/10.1289/EHP10959>
- [5] Cai, Y., Ramakrishnan, R., & Rahimi, K. (2021). Long-term exposure to traffic noise and mortality: A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence between 2000 and 2020. *Environmental Pollution*, *269*, 116222. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116222>
- [6] Chen, X., Liu, M., Zuo, L., Wu, X., Chen, M., Li, X., Yin, T., Shao, D., & Liang, S. (2023). Environmental noise exposure and health outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analysis. *European Journal of Public Health*, *33*(4), 725–731. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad044>
- [7] Clark, C., Head, J., Haines, M., van Kamp, I., van Kempen, E., & Stansfeld, S. A. (2021). A meta-analysis of the association of aircraft noise at school on children's reading comprehension and psychological health for use in health impact assessment. *Journal of Environmental Psychology*, *76*, 101646. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101646>
- [8] Collins, T. W., & Grineski, S. E. (2025). Race, historical redlining, and contemporary transportation noise disparities in the United States. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s41370-024-00682-x>
- [9] Fidell, S. (2015). A review of US aircraft noise regulatory policy. *Acoustics Today*, *11*(4), 26–34. Retrieved from <https://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2015/11/Aircraft-Noise-Regs.pdf>
- [10] Fidell, S. (2018). A modern standardized method for predicting community response to aircraft noise. *Civil Engineering and Architecture*, *6*(4), 207–216. <https://doi.org/10.13189/cea.2018.060404>
- [11] Fidell, S., & Mestre, V. (2020). *A guide to U.S. aircraft noise regulatory policy*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39908-5>

- [12] Fink, D. (2022). The FAA's 65 dBA DNL is not a safe noise exposure level for the American public. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 50(1), 040007. <https://doi.org/10.1121/2.0001841>
- [13] Fu, X., Wang, L., Yuan, L., Hu, H., Li, T., Zhang, J., Ke, Y., Wang, M., Gao, Y., Huo, W., Chen, Y., Li, W., & Zhao, J. (2023). Long-term exposure to traffic noise and risk of incident cardiovascular diseases: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Journal of Urban Health*, 100(4), 788–801. <https://doi.org/10.1007/s11524-023-00769-0>
- [14] Guski, R., Schreckenberg, D., & Schuemer, R. (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1539. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539>
- [15] Hahad, O., Münzel, T., Gilan, D. A., Bayo Jimenez, M. T., Ghaemi Kerahrodi, J., & Daiber, A. (2023). Noise pollution and neuropsychiatric disease. In *Environmental neuroscience* (pp. 375–394). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/9781003328100-20>
- [16] Janssen, S. A., & Vos, H. (2011). *Dose-response relationship between DNL and aircraft noise annoyance: Contribution of TNO* (Report prepared for the Federal Aviation Administration). Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO).
- [17] Johnson, B. (2018). *Health based criteria for use in managing airport and aircraft noise* (Doctoral dissertation, Harvard University). <https://dash.harvard.edu/handle/1/37945589>
- [18] Letellier, N., Yang, J. A., Cavailles, C., Casey, J. A., Joshi, P., Benmarhnia, T., & Jankowska, M. M. (2023). Aircraft and road traffic noise, insulin resistance, and diabetes: The role of neighborhood socioeconomic status in San Diego County. *Environmental Pollution*, 335, 122277. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122277>
- [19] Lv, J., Chen, Y., Yang, M., Zeng, Q., Zhou, Q., Chen, J., Wang, Y., & Zhao, Y. (2025). Dose–response relationship between aircraft noise exposure and community annoyance: A case study of Hangzhou Xiaoshan International Airport. *Noise and Health*, 27(126), 360–368. [https://doi.org/10.4103/nah.nah\\_38\\_25](https://doi.org/10.4103/nah.nah_38_25)

- [20] Mayntz, S. P., Rosenbech, K. E., Mohamed, R. A., Lindholt, J. S., & Diederichsen, A. C. P. (2024). Impact of air pollution and noise exposure on cardiovascular disease incidence and mortality: A systematic review. *Heliyon*, *10*(21), e39844. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39844>
- [21] Miedema, H. M. E., & Oudshoorn, C. G. M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, *109*(4), 409–416. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109409>
- [22] Münzel, T., Daiber, A., Engelmann, N., Rösli, M., & Hahad, O. (2025). Noise causes cardiovascular disease: It's time to act. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, *35*, 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41370-024-00732-4>
- [23] Münzel, T., Daiber, A., Steven, S., Tran, L. P., Ullmann, E., Kossmann, S., Schmidt, F. P., Oelze, M., Xia, N., Li, H., Pinto, A., Wild, P., Pies, K., Schmidt, E. R., Rapp, S., & Kröller-Schön, S. (2017). Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation: Mechanistic insight from studies in mice. *European Heart Journal*, *38*(37), 2838–2849. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx081>
- [24] Münzel, T., & Daiber, A. (2023). Vascular redox signaling, endothelial nitric oxide synthase uncoupling, and endothelial dysfunction in the setting of transportation noise exposure or chronic treatment with organic nitrates. *Antioxidants & Redox Signaling*, *38*(16–18), 1001–1021. <https://doi.org/10.1089/ars.2023.0006>
- [25] Nguyen, D. D., Levy, J. I., Kim, C., Lane, K. J., Simon, M. C., Hart, J. E., Laden, F., Fabian, M. P., & Peters, J. L. (2025). Characterizing temporal trends in populations exposed to aircraft noise around US airports: 1995–2015. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, *35*, 194–204. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00575-5>
- [26] Orikpete, O., Leton, T. G., & Momoh, O. L. Y. (2020). A critical review of global aircraft noise metrics and their applications. *Global Journal of Medical Research*, *20*(F9), 1–12. Retrieved from <https://medicalresearchjournal.org/index.php/GJMR/article/view/2117>
- [27] Razai, M. S., King, E., Majeed, A., & James, P. (2025). The impact of noise pollution on health. *BMJ*, *391*, e081193. <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-081193>

- [28] Seto, E., & Huang, C. H. (2025). *Aviation noise, cumulative annoyance and neighborhood ratings: Effect modification of the annoyance dose-response curve from the Neighborhood Environmental Survey* [Preprint]. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2025.08.02.25332879>
- [29] Shkempi, A., Patel, K., Smith, L. M., Meier, H. C. S., & Neitzel, R. L. (2025). Racial and ethnic inequities to noise pollution from transportation- and work-related sources in the United States. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s41370-025-00795-x>
- [30] Simon, M. C., Hart, J. E., Levy, J. I., VoPham, T., Malwitz, A., Nguyen, D., Bozigar, M., Laden, F., & Peters, J. L. (2022). Sociodemographic patterns of exposure to civil aircraft noise in the United States. *Environmental Health Perspectives*, *130*(2), 027009. <https://doi.org/10.1289/EHP9307>
- [31] Sivakumaran, K., Ritonja, J. A., Waseem, H., AlShenaibar, L., Morgan, E., Ahmadi, S. A., Wania, C., Tjepkema, M., & McNamee, J. P. (2022). Impact of noise exposure on risk of developing stress-related metabolic effects: A systematic review and meta-analysis. *Noise and Health*, *24*(114), 107–129. [https://doi.org/10.4103/nah.nah\\_83\\_21](https://doi.org/10.4103/nah.nah_83_21)
- [32] Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., Haines, M. M., Head, J., Hygge, S., van Kamp, I., & Berry, B. F. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-national study. *The Lancet*, *365*(9475), 1942–1949. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66660-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3)
- [33] Vienneau, D., Wicki, B., Flückiger, B., Schäffer, B., Wunderli, J. M., Rössli, M., & for the SNC Study Group. (2024). Long-term exposure to transportation noise and diabetes mellitus mortality: A national cohort study and updated meta-analysis. *Environmental Health*, *23*, 46. <https://doi.org/10.1186/s12940-024-01084-0>
- [34] Vienneau, D., EEA European Topic Centre on Human Health and the Environment, & Rössli, M. (2025). *Transportation noise and health in vulnerable groups in Europe: A review* (ETC HE Report No. 2025/14). European Topic Centre on Human Health and the Environment. Retrieved from <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc->

[he/products/etc-he-reports/etc-he-report-2025-14-transportation-noise-and-health-in-vulnerable-groups-in-europe-a-review](https://iris.who.int/handle/10665/279952)

[35] World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European region*. WHO Regional Office for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/279952>

[36] Federal Aviation Administration. (1985). *14 CFR Part 150—Airport noise compatibility planning*. U.S. Department of Transportation.

[37] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities, L 189*, 12–25.

[38] International Organization for Standardization. (2016). *ISO 1996-1:2016 Acoustics—Description, measurement and assessment of environmental noise—Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. ISO.

[39] International Civil Aviation Organization. (2017). *Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation: Environmental protection—Volume I: Aircraft noise* (8th ed.). ICAO.

[40] 噪音管制法,中華民國 97 年 12 月 3 日總統華總一義字第 09700252331 號令修正公布。

[41] 機場周圍地區航空噪音防制辦法,中華民國 98 年 6 月 8 日行政院環境保護署環署空字第 0980047907 號令修正發布。