



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN
MILJÖMEDICINSKT CENTRUM

Miljömedicinsk rapport över buller- och luftföroreningsdämpande åtgärder vid stadsplanering

version 2.0

Peter Molnár
Överyrkeshygieniker, docent

Mikael Ögren
Akustiker, tekn. dr

Version 1.0 Göteborg den 21 juli 2021
Version 2.0 Göteborg den 18 oktober 2021

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	2
Bakgrund	2
Hälsoeffekter	3
Luftföroreningar	3
Riktvärden för utomhusluft	4
Samhällsbuller	6
Riktvärden för samhällsbuller	6
Åtgärder och effekter.....	8
Sänkt skyltad hastighet	8
Tyst asfalt	9
Tysta däck.....	9
Kjolar på bussar	9
Ersätta dubbdäck med odubbade vinterdäck	9
Elektrifierade fordon.....	9
Byggnation och andra fysiska förändringar.....	10
Ej slutna gaturum.....	10
Fasadåtgärder.....	10
Växtlighet	10
Tillgänglighetsbegränsning	10
Dataunderlag för scenarioräkningar.....	11
Sammanfattning.....	12
Referenser.....	12

Not angående uppdaterad version:

Under hösten 2021 kom Världshälsoorganisationen (WHO) ut med sina nya uppdaterade hälsobaserade rekommendationer för luftföroreningar. Vi har lagt in dessa i rapporten.

De nya rekommendationerna förändrar inte de åtgärder och effekter vi beskriver i rapporten, men ger dock mer tyngd till hur viktigt det är att man redan i planeringsstadiet har med problematiken kring luftföroreningar och buller.

Bakgrund

Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum (VMC) får regelbundet frågor från regionens kommuner om trafikrelaterade frågeställningar gällande buller och luftföroreningar. Frågorna handlar om hälsorisker kopplade till nivåer och halter av buller och luftföroreningar men också om framtidsscenarier. Inte sällan önskar man också information om möjliga (eller lämpliga) åtgärder i specifika fall och vilken effekt man kan förvänta sig av åtgärder.

Till följd av det sistnämnda vill vi med denna rapport sammanställa en generell lista på åtgärder att fundera över och även kort beskriva de effekter dessa åtgärder förväntas kunna ge. Det är värt att nämna att vi i denna rapport inte kan ge absoluta tal på vad en åtgärd kan ge i form av minskade bullernivåer eller minskade halter av luftföroreningar, då det finns allt för många lokala variabler som kan påverka effekten i enskilda fall. Det bör även tilläggas att det är av stor vikt att noggrant gå igenom aktuell situation och den tänkta framtida situationen (inklusive vilka mått och krav man vill skall vara uppfyllda) med de konsulter som skall utföra modelleringarna och ofta vinner man i längden om man undersöker flera scenarier av åtgärder.

Hälsoeffekter

Luftföroreningar

För luftföroreningar i Sverige är det framför allt inandningsbara partiklar (PM₁₀ och PM_{2,5}) som bidrar till uppkomsten av sjukdom och besvär, men även kväveoxider, marknära ozon samt vissa organiska kolväten kan bidra. De lokala källor som bidrar mest till de luftföroreningar vi mäter upp i Sverige är vägtrafik (både avgaspartiklar och kväveoxider från förbränningsmotorer, samt de partiklar som bildas vid slitage mellan däck och vägbana och den uppvirvling av sedimenterat damm som sker), småskalig vedeldning, industrier, samt sjöfart. Störst bidrag är dock de långdistanstransporterade partiklarna som kommer från andra delar av Europa som består av en sammansättning av de tidigare beskrivna källorna, men som på grund av de små partikelstorlekarna kan färdas med vinden mycket långa sträckor. I Sverige står de långdistanstransporterade partiklarna för mellan ca 50 procent av totalhalterna av partiklar i norra Sverige, till upp till 80-90 procent i Skåne. Dock är det så att lokalt, vid t.ex. en starkt trafikerad väg eller i ett område med hög andel vedeldning kan de lokala källornas bidrag vara lika stora eller större.

Hälsoeffekter av luftföroreningar kan både kopplas till flerårig långtidsexponering och till korttidsexponering där effekterna uppträder inom några dagar. Vuxna personer med hjärt- och kärlsjukdomar blir oftare inlagda på sjukhus då luftföroreningshalterna är höga. Personer med astma och andra lungsjukdomar får ökade symptom dvs. ökat antal läkarbesök och medicinanvändning under dessa dagar. Barn är en extra känslig grupp där korttidsexponering för luftföroreningar har rapporterats ha samband med symptom från de nedre luftvägarna hos barn med astma, samt med sjukhusvistelser på grund av astma, ofta under samma eller följande dag (Institutet för miljömedicin, IMM, 2013).

Avseende långtidsexponering för luftföroreningar har man sett en ökad risk att drabbas av och dö i sjukdomar i hjärta/kärl och luftvägar i områden där årsgenomsnittet av luftföroreningar är högre. Utifrån halter av PM₁₀ (partiklar med en aerodynamisk diameter mindre än 10 µm) har man beräknat att ca 900 personer per år i Västra Götaland dör i förtid på grund av exponering för luftföroreningspartiklar (Gustafsson, 2018). Exponering för luftföroreningar under lång tid (kväveoxider och partiklar) ökar även risken för att utveckla astma och andra luftvägssymtom hos både barn och vuxna. Det finns även studier som visar på att långtidsexponering för luftföroreningar påverkar barns lungfunktion och lungtillväxt negativt även vid de nivåer som finns i Sverige (IMM, 2013). I dagsläget har man inte kunnat visa på någon nivå under vilken luftföroreningar inte påverkar hälsan.

Riktvärden för utomhusluft

För att skydda människors hälsa har WHO angivit hälsobaserade rekommenderade högsta halter för luftföroreningar och även Institutet för miljömedicin (IMM) har angett rekommenderade lågrisknivåer baserade på hälsoaspekter (Tabell 1). De svenska miljökvalitetsmålen har ett liknande fokus och är i flera fall jämförbara med WHO:s och IMM:s rekommendationer. De lagstadgade miljökvalitetsnormerna (MKN) är kompromisser mellan vad som bedöms som önskvärt baserat på hälsostudier och vad som anses vara praktiskt och ekonomiskt genomförbart. Aktuella riktvärden för NO₂ och partiklar har sammanfattats i tabell 1.

Under hösten 2021 kom en uppdatering från WHO gällande hälsobaserade rekommenderade högsta halter för luftföroreningar (WHO, 2021). Dessa finns redovisade i tabell 1b nedan och innebär en klar skärpning av rekommendationerna då kunskapsläget om hälsoeffekter för lägre halter av luftföroreningar har stärkts.

Tabell 1. Riktvärden och gränsvärden för utomhusluft. Hälsobaserade rekommendationer, lågrisknivåer, miljökvalitetsmål och miljökvalitetsnormer för kvävedioxid och partiklar.

Ämnesgrupp Medelvärdestid	WHO 2005	IMM:s lågrisknivå	Miljömål	Miljö- kvalitetsnorm*
Kvävedioxid (NO₂) (µg/m³)				
Timme	200	100	60	90
Dygn				60
År	40	40	20	40
Partiklar (µg/m³) (PM₁₀ PM_{2.5})				
Dygn (PM ₁₀)	50	30	30	50
Dygn (PM _{2.5})	25		25	
År (PM ₁₀)	20	15	15	40
År (PM _{2.5})	10	10	10	25

* Miljökvalitetsnormen är gränsvärde till skillnad från övriga data som är hälsobaserade rekommendationer.

Gränsvärden som miljö kvalitetsnormer syftar till ett absolut tak för att undvika en oacceptabel nivå av luftföroreningar men ger inte det skydd som behövs för en god livsmiljö. Hälsoeffekter kan förekomma även vid nivåer under MKN. Det är därför önskvärt att i första hand utgå från de nivåer som anges inom Miljömålet Frisk luft (Naturvårdverket) och WHO:s rekommendationer.

Tabell 1b. De nya hälsobaserade rekommendationerna för luftföroreningar från WHO 2021 redovisas i tabellen (på engelska).

Pollutant	Averaging time	2005 AQG level	2021 AQG level
PM2.5 , µg/m ³	Annual	10	5
	24-hour ^a	25	15
PM10 , µg/m ³	Annual	20	15
	24-hour ^a	50	45
O3 , µg/m ³	Peak season ^b	–	60
	8-hour ^a	100	100
NO2 , µg/m ³	Annual	40	10
	24-hour ^a	–	25
SO2 , µg/m ³	24-hour ^a	20	40
CO , µg/m ³	24-hour ^a	–	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O3 concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O3 concentration.

Samhällsbuller

Samhällsbuller påverkar hälsa och välbefinnande på flera sätt, dels direkt genom att det upplevs obehagligt/störande och dels indirekt genom att störa sömn och återhämtning samt påverka talförståelse, koncentration och inlärning. Buller kan även leda till fysiologiska stressreaktioner och långvarig exponering för buller kan öka risken att utveckla högt blodtryck och drabbas av hjärtkärlsjukdom.

Med allmän bullerstörning menas en sammantagen bedömning av hur störande eller besvärande olika ljudkällor upplevs under en längre tidsperiod och inkluderar störning av aktiviteter, vila och sömn. Om ett ljud upplevs som störande beror på egenskaper hos ljudet, som ljudtrycksnivå, frekvenssammansättning och när på dygnet det inträffar. Bullerstörning i boendemiljö minskar om det finns tillgång till skyddande platser, till exempel bostadsrum och uteplats på en tyst sida. Det finns stora individuella skillnader i hur störande ett och samma ljud upplevs.

Förmågan att uppfatta och förstå tal påverkas negativt av buller. Under ett avslappnat samtal med normal röststyrka krävs att det störande ljudet inte är högre än cirka 35 dBA för att talet ska kunna uppfattas till fullo och högst 45 dBA för någorlunda bra uppfattning. Barn och personer med hörselnedsättning eller annat modersmål än det talade är särskilt känsliga för bullerstörning när de lyssnar till tal. Buller kan även bidra till en ökad mental belastning i situationer där det ställs krav på inlärning eller koncentration (IMM, 2013).

Akut exponering för höga ljudnivåer ger fysiologiska effekter i form av ökade nivåer av stresshormoner i blodet, blodtrycksstegring, samt påverkan på ämnesomsättning och immunförsvar. Långvarig exponering för samhällsbuller har samband med en ökad risk för hjärt-kärlsjukdomar som högt blodtryck, hjärtinfarkt och stroke. Under 2017 beräknades hälsoeffekterna av trafikbuller (tåg- och vägtrafik) för hela landet vad gäller hjärtinfarkt och stroke (Eriksson, 2017). För dessa båda hälsoutfall beräknades totalt ca 2000 förtida dödsfall och 6700 förlorade hälsosamma levnadsår till följd av buller varje år.

Riktvärden för samhällsbuller

För att skydda flertalet människor från negativa hälsoeffekter rekommenderar WHO att den genomsnittliga ljudnivån utomhus för buller från vägtrafik inte överskrider 50 dB(A) dagtid och 45 dB(A) nattetid (WHO, 2018).

Enligt WHO bör den genomsnittliga ljudnivån inomhus nattetid inte överskrida 30 dB(A) och den maximala ljudnivån inte överskrida 45 dB(A) för att undvika sömnstörningar (tabell 2). Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus anger samma riktvärden som WHO (FoHMFS 2014:13).

Tabell 2. Riktlinjer för samhällsbuller antagna av WHO 2018 och 2009.

Specifik miljö	Kritiska hälsoeffekter	L_{Aeq} [dB]	Tidsbas [tim]	L_{AFmax} [dB]
Bostäder, utomhus	Hälsoeffekter på lång sikt	50	24	-
Sovrum, inomhus	Sömnstörningar, uppvaknanden, nattetid	30	8	45

De svenska riktvärdena för trafikbuller vid nybyggnation av bostadsbebyggelse som angavs i proposition 1996/97:53 stämmer ganska väl överens med WHO:s rekommendationer och kan sägas vara väl motiverade ur hälsosynpunkt. Enligt Boverkets Allmänna råd 2008: "Buller i planeringen – planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik" gäller som huvudregel vid planering av nya bostäder bland annat att den genomsnittliga ljudnivån utomhus (vid fasad) för dygnsekvivalent bullernivå inte överskrider 55 dB(A). Enligt Boverket kan avsteg medges i bullerutsatta områden där ljudnivån beräknas överstiga 65 dB(A) enbart vid synnerliga skäl och under speciella förutsättningar. Under 2015 trädde en ny förordning på bullerområdet i kraft, SFS 2015:216 som tillåter avvikelser från riktvärdena under vissa förutsättningar. Som jämförelse utsätts cirka 40 000 göteborgare dagligen för ljudnivåer över 60 dB(A) och 6300 över 65 dB(A) (Holmes, 2014).

Åtgärder och effekter

Det finns många olika åtgärder för att minska nivåerna av både luftföroreningar och buller som genereras av fordonstrafik. Flera av åtgärderna kan ge positiva effekter för båda, men en åtgärd som gynnar en plats kan ge en motsatt effekt på en annan plats i närområdet. Generellt sätt är det bäst att försöka åtgärda källan, d.v.s. minska emissionen från trafiken, men även andra åtgärder kan ge positiva effekter. Nedan redovisas och diskuteras några åtgärder och dess potentiella effekter och konsekvenser (tabell 3 och efterföljande text). Dock är det svårt att ge allmänna mått på hur stor effekten blir i absoluta eller relativa termer då effektiviteten oftast påverkas av många faktorer.

Tabell 3. Översiktlig tabell över buller- och luftföroreningsdämpande åtgärder och förväntade effekter

Åtgärd	Buller	Luft
Sänkt skyltad hastighet	+	+ (-)
Tyst asfalt	++	0
Tysta däck	++	0
Kjolar på bussar	+	0
Ersätta dubbdäck med odubbade vinterdäck	+	+
Ej slutna gaturum	+	++
Bruten fasad	+	0
Växtlighet	+	+
Elektrifiering	+	+ avgaser, (-) uppvirvling
Minskad tillgänglighet (t.ex. buss gata)	+	+
	- ökat buller på andra gator	- ökade Lf på andra gator

+ = positiv effekt, ++ = markant positiv effekt, 0 = ingen effekt, (-) = potentiell negativ effekt, och - = negativ effekt.

Sänkt skyltad hastighet

Om hastigheten sänks minskar trafikbullret både från motor och däck-vägbana och det kan även ge en viss positiv effekt på luftföroreningarna och då framför allt uppvirvlat vägdamm (PM₁₀). Det kan dock medföra att en lokal hastighetssänkning på en gata eller i ett begränsat område i en tätort medför ökad förekomst av köbildning vilket i sin tur kan leda till längre vistelsetider för fordonen och på så sätt en ökning av de emitterade avgaserna. Vid planering av hastighetssänkning av trafiken bör en noggrann analys av hur det påverkar trafikflödena på aktuella gator och även närliggande gator göras.

Tyst asfalt

Att anlägga lågbullerbeläggning (så kallad tyst asfalt) är en effektiv metod att minska trafikbuller och beroende på typen av beläggning, skyltad hastighet, trafikintensitet och andelen tung trafik kan bullernivåerna minska i storleksordningen 4-8 dB, vilket är en kraftig sänkning. Tyst asfalt påverkar inte luftföroreningsnivåerna om inte andra åtgärder görs samtidigt.

Tysta däck

Numera är det enkelt att välja däck som är tysta då alla däck har märkning av rullmotstånd, väggrepp och ljudnivå. Däck som är tystare behöver inte kosta mer och har ofta samma prestanda för rullmotstånd och väggrepp som bullrigare däck. Tysta däck sänker bullernivån med cirka 3 dB i snitt om man jämför med medeldäcket. De fordon som trafikerar kollektivtrafiken, kommunfordon och andra fordon som offentliga instanser har rådighet över kan styras till att byta till tysta däck. Däremot är det svårare att påverka privatbilismen.

Kjolar på bussar

På bussar och andra tunga fordon är däckljudet en stor källa till trafikbuller och genom att installera så kallade "kjolar" som täcker drygt övre halvan av däcksidan minskar bullret. Detta kan vara en effektiv åtgärd framförallt på gator med frekvent kollektivtrafik, och är en extra effektivt åtgärd tillsammans med elektrifiering eller väl ljuddämpande förbränningsmotorer.

Ersätta dubbdäck med odubbade vinterdäck

Dubbade däck genererar mer slitagepartiklar (framförallt PM₁₀) och högre ljudnivåer än odubbade vinterdäck och sliter även mer på vägytan. Med tanke på att vi i Västsverige oftast har ganska milda vintrar och behovet av dubbade däck generellt inte är så stort i stadsmiljö kan en övergång till odubbade vinterdäck ge en viss effekt.

Elektrifierade fordon

Elektrifieringen av fordonsflottan för framförallt personbilar, men även bussar och mindre lastfordon har ökat kraftigt de senaste åren. Idag har vi rena elbilar, laddhybrider (fordon med både förbränningsmotor och elmotor och ett batteri som räcker ca 30-40 km), elhybrider (fordon med en liten elmotor och mindre batteri som stöttar förbränningsmotorn och har en räckvidd på el på 1-3 km). Med ett fordon som drivs av el har vi inga förbränningsavgaser, men eftersom rena elbilar ofta är tyngre än motsvarande fossilfordon snarare ökar emissionen av slitagepartiklar. Bullret från däckvägbana blir högre för elbilar, eftersom de väger mer, men detta kan kompenseras om man samtidigt ser till att elfordonen har tysta däck (vilket flera elfordonstillverkare erbjuder). Buller från drivlinan är viktigast i låga hastigheter, och kan i vissa fall vara mycket viktigt, som exempelvis vid acceleration ut från busshållplatser, därför kan elektrifierade bussar ge god effekt i sådana situationer.

Byggnation och andra fysiska förändringar

Genom att förändra gaturummets utseende kan man minska koncentrationen av de luftföroreningar som trafiken genererar och även i viss mån absorbera eller sprida ut det genererade bullret från trafiken.

Ej slutna gaturum

Genom att inte bygga långa sammanhängande fasader på båda sidor av vägen kan både luftföroreningar och buller minskas i gaturummet. Hur stor effekten blir beror på flera faktorer såsom vägbredd, avstånd mellan motstående fasader, fasadernas höjd, hastighet, trafikflöde, och om det finns trafikljus eller andra anordningar som stoppar trafiken.

Fasadåtgärder

Genom att konstruera fasaderna på byggnader som ligger nära längs trafikerade stadsgator så att en del av trafikbullret antingen absorberas av fasaden eller ”studsar bort” kan på så vis bullernivån i gaturummet minska. Effekten på luftföroreningar är troligen marginell.

Växtlighet

Plantering av växter (träd, buskar mm) kan ge en viss absorberande effekt av både luftföroreningar och buller. Växtlighet kan även sprida bullret och minska förstärkningen mellan parallella fasader på samma sätt som andra ojämnheter. Växtlighet på själva fasaden (så kallad grön fasad) bidrar både med dämpning/absorption och med spridning. Det är dessutom så att växtlighet av de flesta uppfattas som trevligt och rogivande och studier visar på att självuppskattad störning av buller dämpas vid samma bullernivå om man befinner sig i ett ”grönt” område.

Tillgänglighetsbegränsning

Det finns olika sätt att begränsa trafiken på en utsatt gata som till exempel att göra om en gata med två filer i varje riktning till en fil i varje riktning, förbjuda trafik vissa perioder av dygnet, endast tillåta bussar (och eventuellt taxibilar) att trafikera vägen. En annan åtgärd som kan begränsa trafiken och används som en trafiksäkerhetsåtgärd är att skapa flaskhalsbusstopp, dvs. inget fordon kan passera hållplatsen när en buss stannat för att släppa av och på passagerare. Dessa nämnda åtgärder kan reducera trafiken längs en utsatt vägsträcka och därmed minska både lokala luftföroreningar och buller längs denna vägsträcka, men resultatet blir att trafiken väljer andra vägar vilket kan innebära att problemet flyttar till andra gator. Det är därför viktigt att en noggrann analys av bieffekter utreds innan denna typ av åtgärd beslutas.

Dataunderlag för scenarioberäkningar

När man vill undersöka effekten av en eller flera alternativ är det viktigt att ha så bra dataunderlag som möjligt. Detta gäller både trafikdata, befintliga och planerade byggnader, emissionsdata för luftföroreningar och buller, inklusive hur emissionerna ändras pga. trafikslag, hastighet och andra variabler. Vanligtvis har kommunen tillgång till majoriteten av detta dataunderlag, men för det nationella vägnätet kan kontakt tas med Trafikverket för aktuella data för de nationella väglänkar som påverkar modelleringsområdet. Den konsult som utför modelleringsberäkningarna måste dessutom ha så korrekta emissionsdata som möjligt för att modelleringens slutresultat efterliknar den verkliga situationen så långt det går. De etablerade konsultfirmorna med erfarenhet av denna typ av modelleringar har vanligtvis tillgång till vedertagna och aktuella emissioner, samt de modellverktyg som är lämpliga för den aktuella frågeställningen. Nedan listas kort några vanliga kunskapsresurser och källor som ofta används.

- Skapa goda ljudmiljöer - handbok i trafikbullerskydd. Sveriges Kommuner och Landsting, 2017. ISBN 978-91-7585-574-5
<https://webbutik.skr.se/sv/artiklar/skapa-goda-ljudmiljoer.html>
- Naturvårdsverket 1996. Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996 Vägtrafikbuller Rapport. ISBN:91-620-4653-5.
<https://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/4000/91-620-4653-5/>
- The Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA)
<https://www.hbefa.net/e/index.html>
- NORTRIP.
<https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1069152/FULLTEXT02.pdf>
- Denby, B.R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzler, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., Omstedt, G., 2013. A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. Atmos. Environ. 77, 283-300. (Tillgänglig via:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231013003336?via%3Dihub>

Sammanfattning

Denna rapport är inte avsedd att ge färdiga svar på vilken, eller vilka åtgärder som är mest effektiva eller ger bäst resultat i en enskild situation. Rapporten skall istället ses som ett hjälpmedel att tillgå under utredningsarbetet och i samtal med de konsulter som kommer att genomföra beräkningar och modelleringar av olika scenarier.

Som avslutning vill vi rekommendera att när man genomför undersökningar av olika scenarier för att hitta lämpliga buller- och luftföroreningsdämpande åtgärder, bör man undersöka ett tillräckligt stort område så att åtgärderna inte skapar problem i andra närliggande områden.

Referenser

Eriksson C, Bodin T, Selander J., 2017. Burden of disease from road traffic and railway noise - a quantification of healthy life years lost in Sweden. *Scand J Work Environ Health*. 2017 Nov 1;43(6):519-525. doi: 10.5271/sjweh.3653

FoHMFS 2014:13. Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/fohmfs-201413/>

Gustafsson M, Lindén J, Tang L, Forsberg B, Orru H, Åström S, Sjöberg K., 2018. Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ and estimated health impacts. IVL Swedish Environmental Research Institute. https://www.researchgate.net/publication/326127146_Quantification_of_population_exposure_to_NO2_PM25_and_PM10_and_estimated_health_impacts

IMM 2013. Miljöhälsorapport 2013. ISBN 978-91-637-3031-3.

Naturvårdsverket, Miljömål frisk luft. <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/Frisk-luft/>

Sveriges Kommuner och Landsting, 2017. Skapa goda ljudmiljöer - handbok i trafikbullerskydd. ISBN 978-91-7585-574-5

WHO 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region, ISBN 978-92-890-5356-3

WHO 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. ISBN 978-92-4-003422-8 (electronic version). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>