برنامج بناء القدرات
حول معايير جودة الهواء
لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

وثيقة إرشادية

برنامج الأمم المتحدة للبيئة
مكتب غرب آسيا

كانون أول / ديسمبر
2021

UN environment programme 50 1972-2022

umweltbundesamt

شكر وتقدير

تم دعم تطوير هذه الوثيقة الإرشادية من خلال مشروع «مبادرة الخليج الأخضر: تحقيق البُعْد البيئي لأهداف التنمية المستدامة». لقد تم تنفيذ مبادرة الخليج الأخضر من قبل مكتب غرب آسيا التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بالشراكة مع الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية ونقاط الاتصال الوطنية في كل من دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية.

الفرق الأساسية:

المؤلفون المساهمون

كريستيان ناجل، الوكالة النمساوية للبيئة، إيريس بوكسبوم، الوكالة النمساوية للبيئة، إينكاراراسان ميلفاكانام، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، مكتب غرب آسيا

شكر خاص:

شكر خاص إلى الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية، على وجه الخصوص:

عادل الزياني، أحمد القرينيس، وليد الحمود، ماجد العقيل

تحرير اللغة

ستيفن جراهام (شبكة Zoï للبيئة)

التصميم والطباعة

سابرينا أورسيني

تمهيد

يؤثر تلوث الهواء على صحة ورفاهية الناس والبيئة ويعتبر أكبر خطر على الصحة البيئية في العالم. كما هو الحال في أجزاء أخرى من العالم، تواجه دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية أيضًا تحدي تلوث الهواء، واستجابة لذلك، أنشأت دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية أنظمة وشبكات لمراقبة جودة الهواء ذات تغطية جغرافية ونطاق ملوثات واسعة وأغراض مختلفة ووضعت إرشادات جودة الهواء واجراءات التحكم. يختلف مستوى التحليل واستخدام بيانات الرصد من بلد إلى آخر. وتؤثر الاختلافات في جمع البيانات وإعداد التقارير على الإجراءات الوطنية للتحكم في تلوث الهواء ومنعه، وهو قضية عابرة للحدود. كذلك للعواصف الترابية التي تنشأ داخل المنطقة أو خارجها تأثيرات كبيرة على جودة الهواء، ومع ذلك لا يوجد نظام معتمد يخص تأثير الغبار على حالة جودة الهواء الإجمالية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية.

في عام 2021، نظم مكتب غرب آسيا التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بدعم من أمانة مجلس التعاون لدول الخليج العربية وبالتعاون مع منظمة الصحة العالمية والوكالة النمساوية للبيئة (EAA) برنامجًا لبناء القدرات بشأن معايير جودة الهواء. تجمع وثيقة الدليل هذه العروض التقديمية التي تم إجراؤها في البرنامج التدريبي. ينقسم هذا الدليل إلى ستة فصول.

الفصل الأول يقدم أهمية جودة الهواء لكل من صحة الإنسان والبيئة، بما في ذلك دور تلوث الهواء في تغير المناخ.

الفصل الثاني يصف الغرض العام من معايير جودة الهواء، والإجراءات والاعتبارات الخاصة بوضع هذه المعايير، فضلاً عن الأنواع المختلفة من المعايير والعتبات.

الفصل الثالث يقدم نظرة عامة على معايير جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي (EU)، بما في ذلك الالتزام في الولايات المتحدة الأمريكية (USA) وبلدان أخرى مختارة.

الفصل الرابع يقدم لمحة عامة عن معايير جودة الهواء الحالية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية ويقارنها بمعايير الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة بالإضافة إلى إرشادات منظمة الصحة العالمية.

الفصل الخامس يلخص إرشادات جودة الهواء والأهداف المؤقتة لمنظمة الصحة العالمية.

الفصل السادس يصف طرق تحديد المصادر بشكل عام وتقنيات حساب مساهمة الغبار الصحراوي بشكل خاص.

المحتويات

	تمهيد	**3**
	المحتويات	**4**
	المصطلحات	**6**
1	**المقدمة**	**7**
1.1.	تأثير جودة الهواء على صحة الإنسان والنظم البيئية	7
1.2.	**التأثير على المناخ**	9
2	**معايير جودة الهواء**	**10**
2.1.	الغرض من معايير جودة الهواء بشكل عام	12
2.2	إجراءات واعتبارات وضع معايير جودة الهواء	14
2.2.1.	العملية في الولايات المتحدة الأمريكية	16
2.2.2.	العملية في الاتحاد الاوربي	18
2.3.	أنواع معايير وإرشادات جودة الهواء	22
3	**معايير جودة الهواء العالمية**	**23**
3.1.	**معايير جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي**	**23**
3.1.1.	مقدمة	23
3.1.2.	القيم الحدية لحماية صحة الإنسان	23
3.1.3.	الأهداف والالتزامات والقيمة الحدية لـ $PM_{2.5}$	24
3.1.4.	قيم الأوزون المستهدفة والأهداف طويلة المدى	26
3.1.5.	عتبات المعلومات والانذار	27
3.1.6.	مستويات حرجة لحماية الغطاء النباتي	28
3.1.7.	القيمة المستهدفة للتوجيه الملحق الرابع	28
3.1.8.	مراقبة وتقييم تلوث الهواء والالتزام بمعايير جودة الهواء	29
3.2.	**معايير جودة الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية**	**30**
3.3.	**معايير جودة الهواء العالمية**	**32**
3.3.1.	معيار المتوسط السنوي للجسيمات الدقيقة $PM_{2.5}$	33
3.3.2.	معيار المتوسط اليومي للجسيمات الدقيقة $PM_{2.5}$	34
3.3.3.	معيار المتوسط السنوي للجسيمات PM_{10}	34
3.3.4.	معايير المتوسط السنوي لثاني أكسيد النيتروجين NO_2	35
3.3.5.	معايير متوسط NO_2 بالساعة	36
3.3.6.	معيار متوسط O_3 لثمان ساعات	37
3.3.7.	معايير متوسط O_3 لمدة ساعة واحدة	37
3.3.8.	معايير SO_2	39
4	**معايير جودة الهواء في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية**	**40**
4.1.	**البحرين**	**40**
4.2.	**الكويت**	**41**
4.3.	**عمان**	**41**

4.4. **قطر** **43**

4.5. **المملكة العربية السعودية** **43**

4.6. **الإمارات العربية المتحدة** **45**

4.7. **مقارنة معايير دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية مع معايير اخرى** **46**
4.7.1. احادي أكسيد الكربون 46
4.7.2. NO_2 46
4.7.3. الاوزون 47
4.7.4. $PM_{2.5}$,PM_{10} 47
4.7.5. SO_2 48

5 **إرشادات جودة الهواء والأهداف المرحلية لمنظمة الصحة العالمية** **49**

5.1. **إرشادات جودة الهواء تختلف عن المعايير** **49**

5.2. **توصيات حول ملوثات الهواء الرئيسية** **50**

5.3. **بيانات الممارسة السليمة** **53**
5.3.1. الكربون الأسود / الكربون الأولي 53
5.3.2. الجسيمات متناهية الصغر 53
5.3.1. الجسيمات الناتجة عن العواصف الرملية والترابية 54

6 **تقسيم المصادر لرصد مساهمات غبار الصحراء** **56**

6.1. **نظرة عامة على التقنيات العامة لتقسيم المصادر** **56**
6.1.1. التأثيرات المحتملة 56
6.1.2. المساهمات 57
6.1.3. الزيادات 58

6.2. **حجب المساهمات من المصادر الطبيعية** **59**
6.2.1. تشريعات الاتحاد الأوروبي 59
6.2.2. مساهمات الغبار الصحراوي 59

7 **المراجع** **62**

المصطلحات

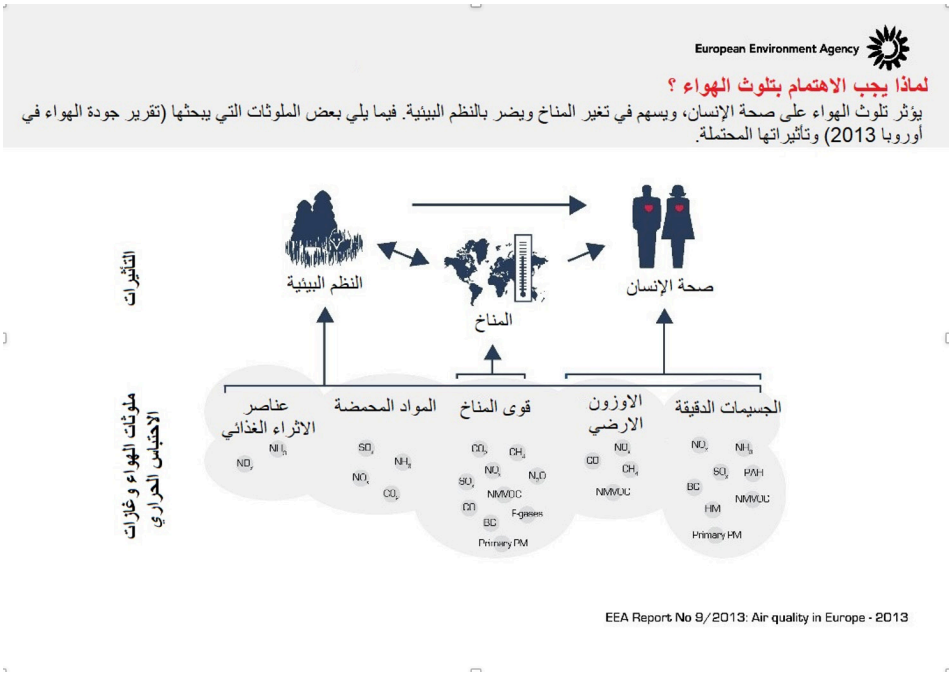
AAQD	توجيهات جودة الهواء المحيط
AQ	جودة الهواء / نوعية الهواء
BC	الكربون الأسود
CO_2	ثاني اكسيد الكربون
CO	أول أكسيد الكربون
CH_4	الميثان
EAA	الوكالة النمساوية للبيئة
EEA	الوكالة الأوروبية للبيئة
EC	الكربون الأولي
EU	الاتحاد الأوروبي
GHG	غازات الاحتباس الحراري
GCC	مجلس التعاون لدول الخليج العربية
H_2S	كبريتيد الهيدروجين
JRC	مركز الابحاث المشتركة
NAAQS	معايير جودة الهواء المحيط الوطنية
NH_3	الأمونيا
NMHC	هيدروكربون غير ميثاني
NO	أكسيد النيتروجين
NO_2	ثاني أكسيد النيتروجين
NO_x	أكاسيد النيتروجين
O_3	الأوزون
Pb	الرصاص
PM	الجسيمات الدقيقة
QA/QC	تقييم الجودة / مراقبة الجودة
SO_2	ثاني أكسيد الكبريت
UFP	جزيئات متناهية الصغر
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
US EPA	الوكالة الأمريكية لحماية البيئة
USA	الولايات المتحدة الأمريكية
WHO	منظمة الصحة العالمية
WHO AQG	إرشادات جودة الهواء لمنظمة الصحة العالمية
WMO	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

1. المقدمة

1.1. تأثير جودة الهواء على صحة الإنسان والنظم البيئية

يؤثر تلوث الهواء على البيئة وصحة الناس ورفاهيتهم. وفقًا لمنظمة الصحة العالمية (WHO)، يُشكل تلوث الهواء خطرًا على صحة الإنسان ويُسبّب حوالي 7 ملايين حالة وفاة سنويًا **(الشكل 1)** في جميع أنحاء العالم (WHO 2016). يؤثر تلوث الهواء أيضًا على البيئة والمناخ **(الشكل 2)**، لذلك فإن له آثارًا ضارة غير مباشرة ولكن ملموسة على الاقتصادات والمجتمعات بشكل عام (Karamfilova 2021).

الشكل 1: الآثار الصحية لتلوث الهواء (المصدر: WHO).



الشكل 2: الآثار العامة لملوثات الهواء على صحة الإنسان والبيئة (المصدر: EEA).

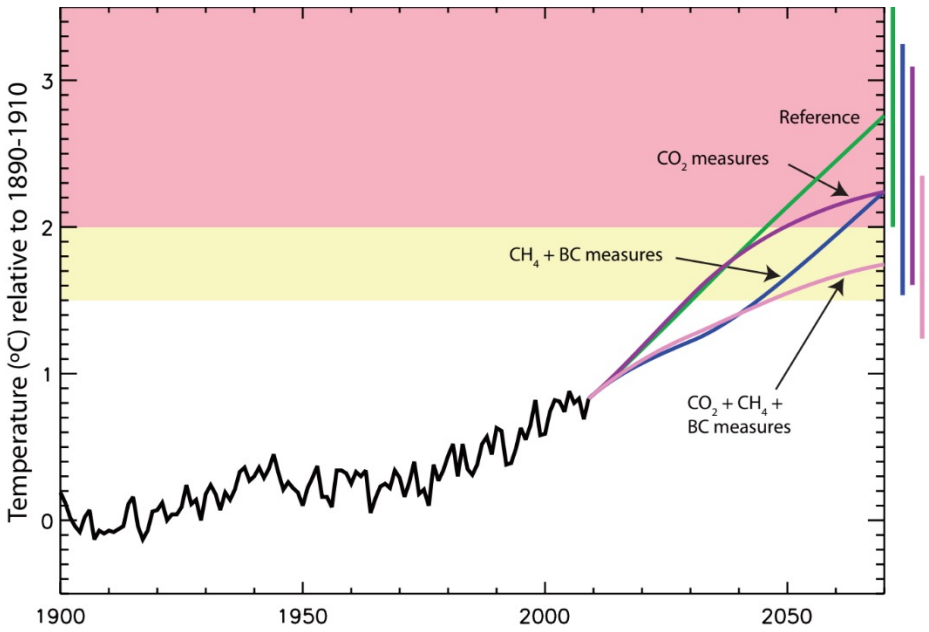
بشكل عام، فإن الملوثات الأخطر على صحة الإنسان هي الجسيمات (PM) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) والأوزون المتواجد على مستوى الأرض (O_3). وتعتبر أمراض القلب والسكتة الدماغية من أكثر العوامل شيوعًا للوفيات المبكرة التي تُعزى إلى رداءة نوعية الهواء إلى جانب أمراض الرئة بما في ذلك سرطان الرئة. غالبًا ما تكون المجموعات السكانية ذات الوضع الاجتماعي والاقتصادي المنخفض أكثر عرضة لتلوث الهواء، بينما تميل الفئات قليلة المناعة - مثل كبار السن والأطفال وذوي المشاكل الصحية المسبقة - إلى أن تكون أكثر عرضة للتأثيرات السلبية لتلوث الهواء (Karamfilova 2021).

تتأثر النباتات والنظم البيئية أيضًا بتلوث الهواء. حيث تؤثر التراكيز العالية من ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وأكاسيد النيتروجين (NO_x) والأمونيا (NH_3) والأوزون بشكل مباشر على الغطاء النباتي والأحياء ونوعية المياه والتربة ووظائف النظام البيئي التي تدعمها.

يضرّ الأوزون بالمحاصيل والغابات والنباتات الأخرى ويضعف نموها ويؤثر على التنوع البيولوجي. إن مُركبات النيتروجين التفاعلية مثل أكسيد النيتروجين (NO) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) والتي تعرف بأكاسيد النيتروجين (NO_x) والأمونيا (NH_3) تؤدي إلى زيادة المُغذيات في المياه العذبة وبالتالي تغيير في التنوع البيولوجي. تؤدي أكاسيد النيتروجين والأمونيا وثاني أكسيد الكبريت أيضًا إلى التحمّض (زيادة الحموضة) وبالتالي تغيير مستوى الأسّ الهيدروجيني للمياه والتربة مما يضرّ بالحيوانات والنباتات البرية والمائية (Bourguignon 2018).

1.2. التأثير على المناخ

تعتبر ملوثات الهواء أيضا عوامل قوية التأثير في المناخ، حيث إن لبعض ملوثات الهواء مثل الكبريتات والنترات تأثير تبريدي، في حين أن البعض الآخر مثل الكربون الأسود (BC) ذو تأثير تسخين على نظام الغلاف الجوي السطحي. ويعتبر الكربون الأسود عاملاً رئيسياً للاحتباس الحراري الإقليمي والعالمي (UNEP 2008). يُشار إلى الملوثات بما في ذلك الكربون الأسود والميثان (CH_4) وأوزون التروبوسفير الآن باسم عوامل المناخ قصيرة العمر (SLCFs) لأن لها عمرًا قصيرًا نسبيًا في الغلاف الجوي، ومع ذلك فإن للكربون الأسود والميثان (لكل وحدة كتلة) تأثير احترار أقوى بكثير من ثاني أكسيد الكربون (CO_2). تشير دراسة أجراها برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن الحدّ من انبعاثات SLCFs يوفر فرصة واقعية لتقليل معدل الاحتباس الحراري العالمي بشكل كبير خلال العقدين إلى الأربعة عقود القادمة (UNEP 2011).



الشكل 3: الانحراف الملحوظ لدرجة الحرارة حتى عام 2009 والتوقعات في ظل سيناريوهات مختلفة (UNEP and WMO 2011).

يعتبر تلوث الهواء وتغير المناخ وجهين لعملة واحدة. وبالنظر إلى أن غازات الاحتباس الحراري (GHGs) وملوثات الهواء غالبًا ما يكون لها نفس مصادر الانبعاث الرئيسية، فإن الحد من انبعاثات أحدهما ممكن أن يعود بفوائد على كليهما (Karamfilova 2021).

كما ذكرنا، لتلوث الهواء أيضًا آثار ضارة غير مباشرة على الاقتصاد والمجتمعات. إن هذه الآثار ناتجة عن الآثار المباشرة لتلوث الهواء على الصحة والبيئة والمناخ، وبشكل أكثر تحديدًا - فيما يتعلق بالاقتصاد- ينتج عن تلوث الهواء تكاليف سوق وتكاليف إدارية، حيث تشمل تكاليف السوق انخفاض إنتاجية العمالة وزيادة الإنفاق الصحي وخسائر المحاصيل والغابات، إضافة إلى تأثيراتها على قطاع السياحة.

في حين تشمل تكاليف غير السوق (الإدارية) تلك الناتجة عن زيادة معدل الوفيات والإصابة بالأمراض وتدهور جودة الهواء والماء، وبالتالي التأثير على صحة النظم البيئية وتغير المناخ. علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي تلوث الهواء (بالإضافة إلى جوانب أخرى من البيئة الاجتماعية والمادية) إلى زيادة عدم المساواة في المجتمعات، لا سيما فيما يتعلق بالأمراض لدى الفئات الأكثر ضعفاً (Karamfilova 2021).

2. معايير جودة الهواء

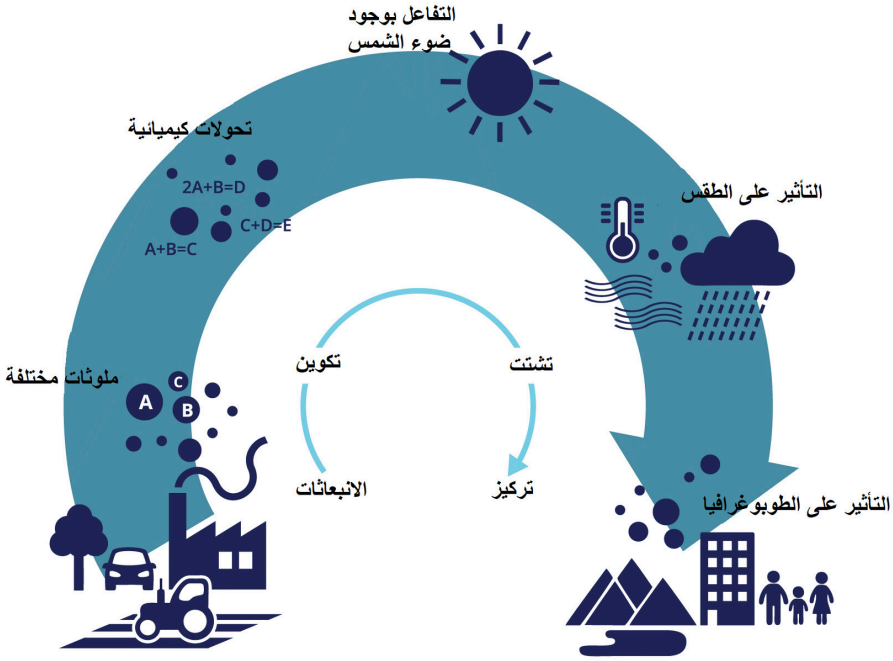
يُعدّ وضع معايير جودة الهواء إجراءً رئيسيًا للتحكم في تلوث الهواء تنفذه البلدان في جميع أنحاء العالم. وفقًا لأحد التعريفات، فإن معايير جودة الهواء هي «المستويات المقبولة لتلوث الهواء من حيث التأثيرات المحتملة على الصحة العامة والبيئة والتي تتبناها هيئة تنظيمية باعتبارها واجبة التنفيذ» (WHO Regional Office for Europe 2006). تنبعث ملوثات الهواء من مصادر بشرية وطبيعية مختلفة **(الشكل 4)** وقد تخضع لتحولات في الغلاف الجوي **(الشكل 5)**.

الشكل 4: مصادر ملوثات الهواء (المصدر EEA).

تلوث الهواء: من الانبعاث إلى التعرض

تعد نوعية الهواء الرديئة مشكلة صحية وبيئية خطيرة. تنبعث بعض ملوثات الهواء الضارة مباشرة من المركبات، مثل الجسيمات (الأولية) (PM) وأكاسيد النيتروجين (NOx).

تتشكل مواد أخرى مثل الأوزون والجسيمات الثانوية في الغلاف الجوي بعد انبعاثات سلائف الملوثات بما في ذلك أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة. مصادر التلوث المختلفة -بما في ذلك مصادر النقل والمصادر الغير متعلقة بالنقل- تنبعث منها أنواع ونسب مختلفة من الملوثات. يعد مدى تعرض السكان والبيئة لمستويات ضارة من تلوث الهواء قضية معقدة، وتعتمد على كيفية انتقال الملوثات في الغلاف الجوي واختلاطها وكيفية تفاعلها في ظل الظروف الجوية المختلفة. تعتبر انبعاثات النقل البري - نسبيًا- أكثر ضررًا من تلك الناتجة عن المصادر الأخرى، حيث تميل معظم الانبعاثات إلى الحدوث في المناطق التي يعيش ويعمل فيها الناس مثل المدن والبلدات.



يساهم النقل البري بحوالي 20٪ من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الاتحاد الأوروبي.

أكثر من 30٪ من انبعاثات أكاسيد النيتروجين في الاتحاد الأوروبي تأتي من النقل البري.

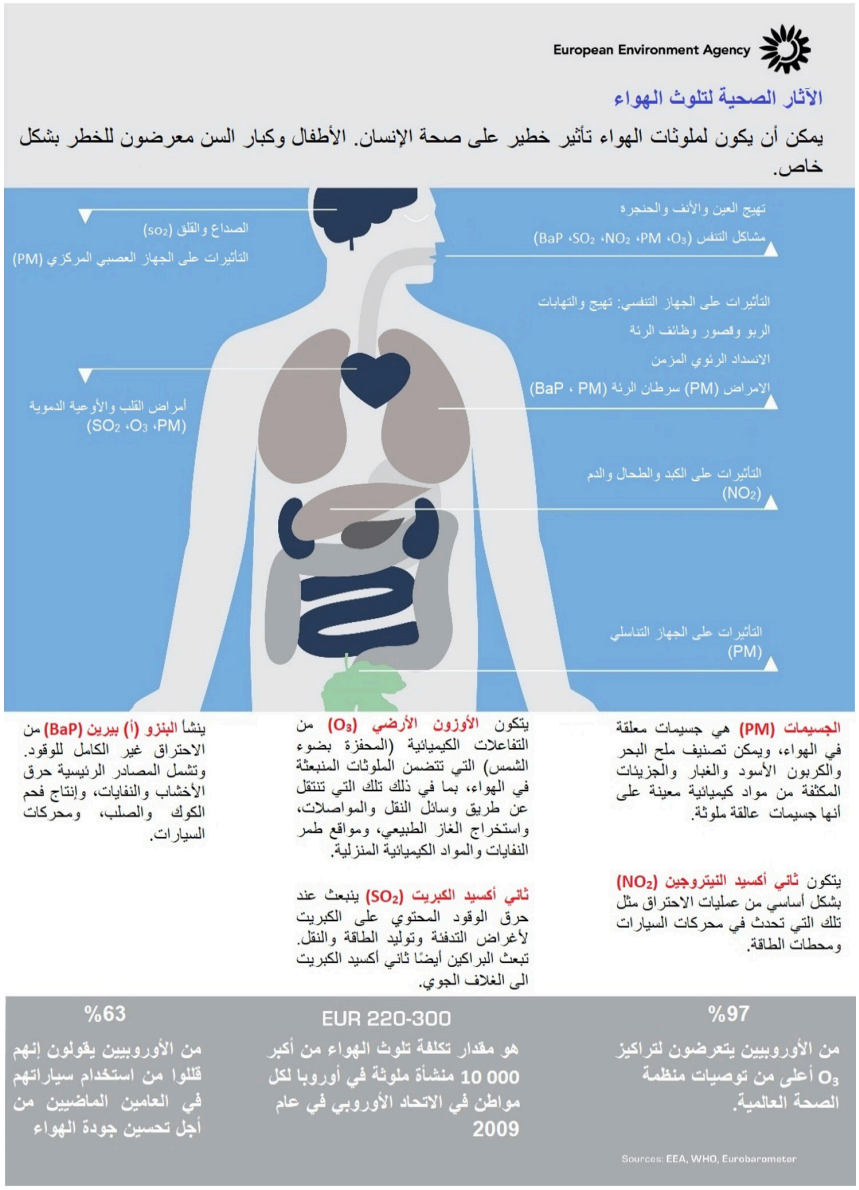
حوالي 12٪ من انبعاثات $PM_{2.5}$ الأولية في الاتحاد الأوروبي تأتي من النقل البري.

البيانات: مؤشرات المنطقة الاقتصادية الأوروبية لعام 2015 (اتجاهات وتوقعات اجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ((GHG) و (انبعاثات ملوثات الهواء من النقل).
إقرأ المزيد: المنطقة الاقتصادية الأوروبية ، 2015 ، جودة الهواء في أوروبا - تقرير 2015.

الشكل 5: تلوث الهواء: من الانبعاث إلى التعرض (المصدر EEA).

2.1. الغرض من معايير جودة الهواء بشكل عام

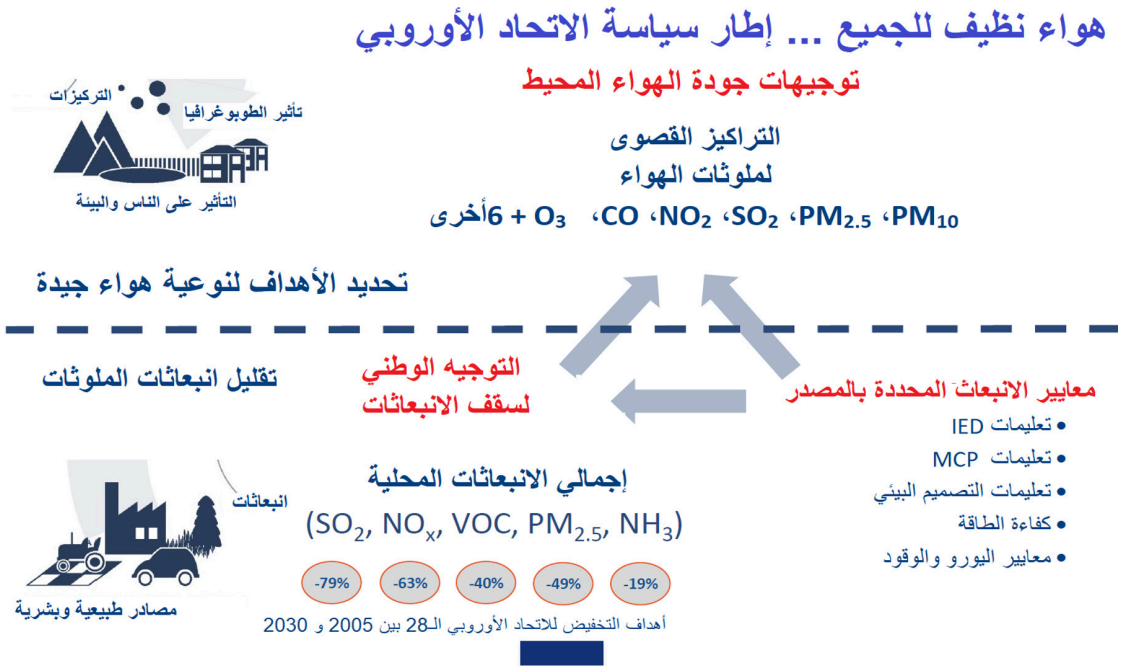
أدت الأدلة العلمية على الآثار الصحية لملوثات الهواء المختلفة إلى وضع معايير جودة الهواء في الولايات المتحدة في عام 1970 (قانون الهواء النظيف)[1] ولأوروبا في عام 1987 (1987 WHO Regional Office for Europe). يُلخّص **الشكل 6** الآثار الصحية لملوثات الهواء المختلفة.



الشكل 6: الآثار الصحية لتلوث الهواء (المصدر EEA).

[1] https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-requirements-and-history

يمكن تقليل المستويات وبالتالي التأثيرات الصحية و/أو البيئية لملوثات الهواء من خلال معالجة انبعاثات القطاعات والمنتجات الرئيسية الملوثة. يُوضّح **الشكل 7** إطار السياسة المطبق في الاتحاد الأوروبي (EU) لتحقيق تحسين شامل لجودة الهواء. ومع ذلك، قد لا تزال هناك مناطق يمكن أن تؤدي فيها كثافات عالية للانبعاثات و/أو ظروف انتشار معاكسة في الغلاف الجوي إلى تأثيرات صحية و/أو بيئية شديدة.



الشكل 7: إطار سياسة الهواء النظيف في الاتحاد الأوروبي والذي يحدد أهدافًا لنوعية الهواء الجيدة ويقلل من الانبعاثات ويضع معايير الانبعاثات الخاصة بالمصدر (المصدر: European Commission).

في إطار السياسة العامة يمكن إدخال معايير جودة الهواء والتي تؤدي إلى اتخاذ إجراء في حالة تجاوز تراكيز معينة من الملوثات خلال فترة زمنية محددة. عادة ما يتم تفصيل مثل هذا الإجراء في برنامج جودة الهواء (يسمى «خطة تنفيذ الدولة» في الولايات المتحدة الأمريكية). وعادةً، يتم تحديد معايير جودة الهواء للملوثات الشائعة والواسعة الانتشار مثل CO وNO_2 وO_3 وSO_2 وPM والرصاص (تسمى هذه الملوثات الستة الملوثات المعيارية في الولايات المتحدة الأمريكية).

عادة ما تستند معايير جودة الهواء على الاعتبارات العلمية والاقتصادية والتقنية والسياسية والاجتماعية.

2.2. إجراءات واعتبارات وضع معايير جودة الهواء

هناك العديد من الاعتبارات عند وضع معايير جودة الهواء بناءً على إرشادات جودة الهواء الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (الفصل الخامس يوضح إرشادات منظمة الصحة العالمية بالتفصيل).

تصف منظمة الصحة العالمية الاعتبارات الرئيسية على النحو التالي (WHO Regional Office for Europe 1998):

«لدى البلدان المختلفة عادة مناهج سياسية وتنظيمية وإدارية مختلفة للتحكم في تلوث الهواء، ويمكن تنفيذ الأنشطة التشريعية والتنفيذية على مستويات مختلفة، على سبيل المثال الوطنية والإقليمية والمحلية. ومن أجل إدارة جودة الهواء بشكل كامل، يتطلب وجود إطار لضمان اختيار ملائم لمعايير جودة الهواء وتوفير أساس شفاف للقرارات المتعلقة بإجراءات الحد من المخاطر واستراتيجيات التخفيف. وعند إنشاء مثل هذا الإطار، ينبغي النظر في العديد من القضايا مثل الجوانب القانونية وحماية فئات معينة من السكان المُعرضين للخطر ودور أصحاب المصلحة في العملية وتحليل التكلفة والعائد وتدابير الرقابة والتنفيذ».

الجوانب القانونية

عادة ما يوفر الإطار التشريعي الأساس لعملية التقييم واتخاذ القرار في وضع معايير جودة الهواء على المستوى الوطني أو الاقليمي. ويعتمد تحديد المعايير بشكل كبير على نوع استراتيجية إدارة المخاطر المعتمدة. تتأثر مثل هذه الاستراتيجية بالاعتبارات الاجتماعية والسياسية الخاصة بكل بلد و/أو الاتفاقات فوق الوطنية.

تختلف التشريعات وشكل معايير جودة الهواء من بلد إلى آخر، ولكن بشكل عام يجب مراعاة القضايا التالية:

- تحديد واختيار الملوثات التي ستطبق عليها الأداة التشريعية؛
- القيمة العددية للمعايير الخاصة بالملوثات المختلفة أو عملية اتخاذ قرارات بشأن المعايير المناسبة وطرق التحري المطبقة ومنهجية المراقبة؛
- الإجراءات التي يتوجب اتخاذها لتضمين المعيار، مثل تحديد الإطار الزمني المطلوب/المسموح به لتحقيق الامتثال للمعيار، مع مراعاة اجراءات التحكم في الانبعاثات واستراتيجيات التخفيف الضرورية؛
- تحديد السلطات التنفيذية المسؤولة.

واعتمادًا على موقف المعايير ضمن الإطار التشريعي، قد تكون ملزمة قانونًا وقد لا تكون كذلك. يحتوي الدستور في بعض البلدان أحكاما تتعلق بحماية الصحة العامة والبيئة. إن تطوير الإطار القانوني على أساس الأحكام الدستورية بشكل عام يتضمن إجراءين تنظيميين، الأول هو سنّ أداة قانونية رسمية، مثل تشريع أو قانون أو مرسوم او قرار، والثاني هو تطوير اللوائح والتشريعات والقوانين والتعليمات.

قد تستند معايير جودة الهواء فقط على البيانات العلمية والتقنية حول الصحة العامة والتأثيرات البيئية، ولكن قد يتم أخذ جوانب أخرى في الاعتبار عند اشتقاق هذه المعايير مثل تكلفة العائد أو فعالية التكلفة. ومن الناحية العملية، هناك بشكل عام العديد من الفرص ضمن الإطار القانوني لمعالجة الجوانب الاقتصادية بالإضافة إلى قضايا أخرى، مثل الجدوى الفنية والتدابير الهيكلية والاعتبارات الاجتماعية والسياسية، ويمكن أخذها في الاعتبار أثناء عملية وضع المعايير أو أثناء تصميم الإجراءات المناسبة للتحكم في الانبعاثات. قد تؤدي هذه الاعتبارات إلى وضع العديد من المعايير، على سبيل المثال معيار موجه نحو التأثير كهدف طويل الأمد ومعايير مؤقتة أقل صرامة يتم تحقيقها خلال فترات زمنية أقصر.

تعتمد المعايير أيضًا على الخيارات السياسية: أي المستقبلات في البيئة التي يجب حمايتها وإلى أي مدى. لقد قامت بعض البلدان بفصل معايير حماية الصحة العامة عن معايير حماية البيئة، علاوة على ذلك، يمكن أن تتأثر صرامة المعيار بالأحكام المصممة لأخذ فئات المجتمع ذات الحساسية العالية بنظر الاعتبار (الأطفال الصغار والمرضى وكبار السن أو النساء الحوامل). وقد يكون من المهم أيضًا تحديد ما إذا كانت التأثيرات يتم أخذها في الاعتبار بالنسبة للملوثات الفردية أو للتعرض للعديد من الملوثات.

يجب مراجعة معايير جودة الهواء وتعديلها بانتظام مع ظهور أدلة علمية جديدة على التأثيرات على الصحة العامة والبيئة.

غالبًا ما تؤثر المعايير بشدة على تنفيذ سياسة التحكم في تلوث الهواء. في العديد من البلدان ترتبط زيادة المعايير بالالتزام بتطوير خطط عمل على المستوى المحلي أو الإقليمي أو الوطني لتقليل مستويات تلوث الهواء. وغالبًا ما تتناول مثل هذه الخطط العديد من مصادر التلوث. تلعب المعايير أيضًا دورًا في إجراءات تقييم الأثر البيئي وفي توفير المعلومات العامة عن حالة البيئة. يمكن العثور على الأحكام الخاصة بهذه الأنشطة في العديد من التشريعات القانونية الوطنية.

يجب أيضًا مراعاة أدوار أصحاب المصلحة (مثل العلماء والهيئات التنظيمية والفئات المهتمة وقطاع الصناعة) في وضع المعايير ضمن الإجراءات التشريعية الوطنية أو فوق الوطنية (انظر أدناه ضمن تحليل التكلفة والعائد).

البنود التي يجب مراعاتها عند وضع المعايير

ضمن الأطر القانونية المعمول بها وباستخدام إرشادات جودة الهواء كنقطة بداية، يتضمن تطوير المعايير النظر في العديد من القضايا والتي تحدد جزئيًا من خلال خصائص السكان أو الخصائص الفيزيائية للبيئة.

- الآثار الضارة على الصحة
- الفئات السكانية المُعرّضة للخطر
- علاقات التعرّض والاستجابة
- توصيف التعرّض
- تقييم المخاطر
- قبولية المخاطر

مساهمة أصحاب المصلحة في تنقيح ووضع المعايير والوعي العام

يجب أن يشمل تطوير المعايير عملية تشمل أصحاب المصلحة والتي تضمن - قدر الإمكان - العدالة الاجتماعية أو الإنصاف لجميع الأطراف المعنية. كما ينبغي أن يوفر معلومات كافية لضمان فهم أصحاب المصلحة للعواقب العلمية والاقتصادية. إن مراجعة أصحاب المصلحة لعملية وضع المعايير، والتي بدأت في مرحلة مبكرة، مفيدة للغاية. تساعد الشفافية في الانتقال من إرشادات جودة الهواء إلى المعايير في زيادة قبول الجمهور للإجراءات الضرورية.

التنفيذ

الأهداف الرئيسية لتنفيذ معايير جودة الهواء هي (1) تحديد الاجراءات اللازمة لتحقيق المعايير، و(2) وضع استراتيجية تنظيمية مناسبة وأداة تشريعية لتحقيق هذا الهدف. ومن المحتمل أن تكون هناك حاجة إلى أهداف طويلة ومتوسطة المدى.

يجب أن تضمن عملية التنفيذ آلية للتقييم المنتظم لجودة الهواء، ووضع استراتيجيات التخفيف ووضع اللوائح التنفيذية.

ويجب أيضًا تقييم تأثير إجراءات السيطرة على كل من الصحة العامة والبيئة من خلال استخدامها، على سبيل المثال، الدراسات الوبائية والرصد المتكامل للنظم البيئية.

تقييم جودة الهواء

يلعب تقييم جودة الهواء دورًا مهمًا في استراتيجية إدارة جودة الهواء. تتمثل أهداف تقييم جودة الهواء في تزويد عملية إدارة جودة الهواء بالبيانات ذات الصلة من خلال التوصيف المناسب لحالة تلوث الهواء باستخدام برامج المراقبة و/أو النمذجة وتقدير احتمالات جودة الهواء المستقبلية المرتبطة بالاستراتيجيات البديلة. ويمكن استخدام نماذج التشتت بشكل فعال للغاية في تصميم شبكة المراقبة النهائية.

اعتبارات تقييم جودة الهواء

- طرق المراقبة، إجراءات تقييم الجودة / مراقبة الجودة (QA / QC)
- تصميم شبكة المراقبة (مثل المحطات الثابتة والمتنقلة)
- نمذجة جودة الهواء

استراتيجيات التخفيف

استراتيجيات التخفيف هي مجموعة الاجراءات التي يجب اتخاذها لتقليل انبعاثات الملوثات، وبالتالي لتحسين جودة الهواء. يجب على السلطات النظر في الاجراءات اللازمة لتلبية المعايير.

التنفيذ

تحدد حكومة كل بلد مسؤوليات تنفيذ المعايير. يمكن توزيع مسؤوليات الإشراف على جوانب مختلفة من الالتزام بالتنفيذ بين الحكومات الوطنية والإقليمية والمحلية اعتمادًا على المستوى الذي يستلزم اتخاذ الإجراء.

2.2.1. العملية في الولايات المتحدة الأمريكية

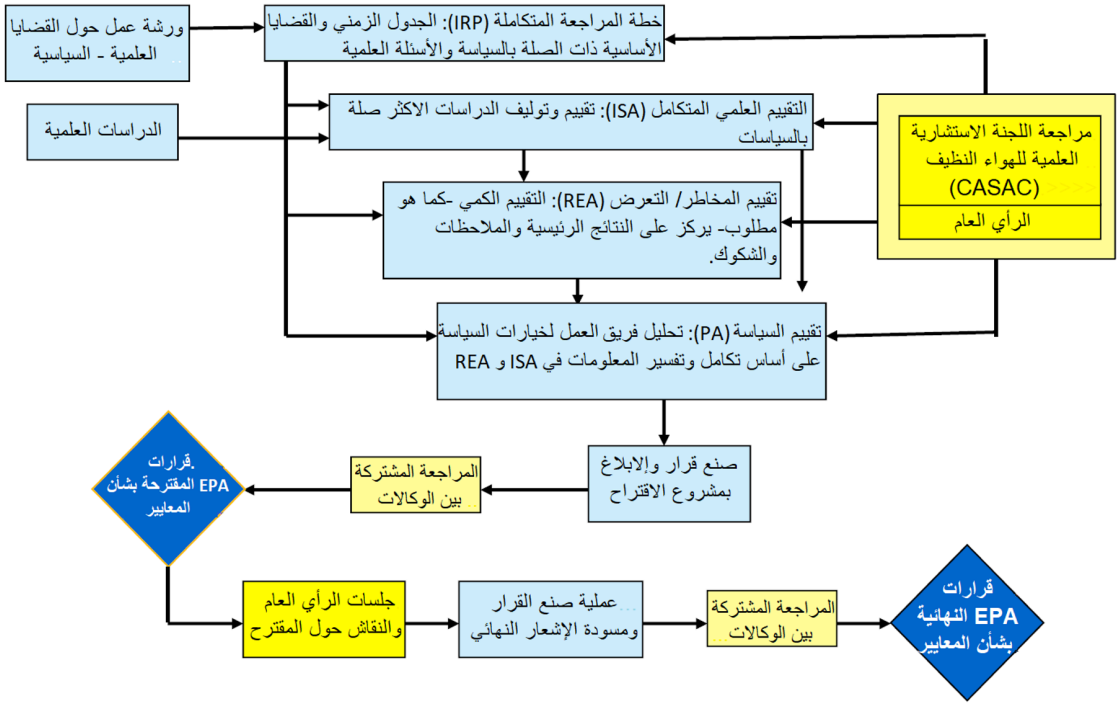
ان من أول معايير جودة الهواء الوطنية (NAAQS) التي تم وضعها في عام 1970 بموجب قانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة الأمريكية كانت:

«استنادًا إلى التحقيقات التي أجريت في الحدود القصوى لقياس العلاقة بين مستويات التلوث والتأثيرات على الإنسان في حالة أول أكسيد الكربون - أحد أهم ملوثات السيارات - فقد وضعنا معيارًا للحماية من التأثيرات التي أبلغت عنها التحقيقات التي تثير الجدل حتى بين علمائنا.

وفيما يتعلق بالمؤكسدات الكيميائية الضوئية التي ساهمت بها السيارات أيضًا إلى حد كبير، تقترب معاييرنا من المستويات التي تحدث بشكل شائع إلى حد ما في الطبيعة»[2].

[2] https://archive.epa.gov/epa/aboutepa/epa-sets-national-air-quality-standards.html

يتطلب قانون الهواء النظيف مراجعة منتظمة لـمعايير جودة الهواء الوطنية. هذه المراجعة التي أجرتها وكالة حماية البيئة (US EPA) تتبع الدورة الموضحة في **الشكل 8**.



الشكل 8: نظرة عامة تخطيطية لمعايير جودة الهواء الوطنية NAAQS (المصدر: US EPA).

تصف وكالة حماية البيئة الأمريكية عملية المراجعة على النحو التالي:[3]

«تتطلب هيئة الطيران المدني مراجعة دورية للعلوم التي تستند إليها المعايير إضافة الى المعايير نفسها. وتُعدّ مراجعة معايير جودة الهواء الوطنية مهمة طويلة وتشمل المراحل الرئيسية التالية:

التخطيط: تبدأ مرحلة التخطيط لعملية مراجعة معايير جودة الهواء الوطنية بورشة عمل للخطة العلمية، والتي تهدف إلى جمع المدخلات من المجتمع العلمي والجمهور فيما يتعلق بالقضايا والأسئلة ذات الصلة بالسياسة التي ستؤطر المراجعة. وبالاعتماد على مناقشات ورشة العمل، تقوم وكالة حماية البيئة بإعداد خطة مراجعة متكاملة (IRP) تعرض الجدول الزمني للمراجعة بأكملها، وعملية إجراء المراجعة، والقضايا العلمية الرئيسية ذات الصلة بالسياسة التي ستوجه المراجعة.

التقييم العلمي المتكامل (ISA): هذا التقييم هو مراجعة شاملة وتوليف وتقييم لأكثر العلوم صلة بالسياسات، بما في ذلك الأحكام العلمية الرئيسية التي تعتبر مهمة للإبلاغ عن تطوير تقييمات المخاطر والتعرض، بالإضافة إلى جوانب أخرى من مراجعة معايير جودة الهواء الوطنية.

[3] https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/process-reviewing-national-ambient-air-quality-standards, https://www.epa.gov/naaqs/historical-information-naaqs-review-process

تقييم المخاطر / التعرض (REA): يعتمد هذا التقييم على المعلومات والاستنتاجات الواردة في التقييم العلمي المتكامل لتطوير التوصيفات الكمية لحالات التعرّض والمخاطر المرتبطة بصحة الإنسان أو البيئة المرتبطة بظروف جودة الهواء الأخيرة وبجودة الهواء المقدرة لتلبي المعايير البديلة المأخوذة بالاعتبار. يتضمن هذا التقييم وصفًا لأوجه عدم الدقة المرتبطة بهذه التقديرات

تقييم السياسة المتبعة (PA) : يوفر هذا التقييم تحليلاً شفافًا للعاملين للأساس العلمي لخيارات السياسة البديلة للنظر فيها من قبل الإدارة العليا لوكالة حماية البيئة قبل وضع القواعد. ويهدف هذا التقييم لآثار السياسة المتبعة إلى المساعدة في «سد الفجوة» بين التقييمات العلمية للوكالة المقدمة في التقييم العلمي المتكامل وتقييم مخاطر التعرض والأحكام المطلوبة من مدير وكالة حماية البيئة لتحديد ما إذا كان من المناسب الاحتفاظ أو مراجعة معايير جودة الهواء الوطنية. عند القيام بذلك، تهدف السياسة المتبعة أيضًا إلى تسهيل مشورة **اللجنة الاستشارية العلمية للهواء النظيف (CASAC)** للوكالة والتوصيات إلى المسؤول، على النحو المنصوص عليه في هيئة الطيران المدني بشأن ملاءمة المعايير الحالية أو التعديلات الواجب أخذها بالاعتبار. تركز عملية تقييم السياسة المتبعة على المعلومات الأكثر صلة بتقييم العناصر الأساسية لمعايير جودة الهواء الوطنية: المؤشر، ومتوسط الوقت، والشكل، والمستوى.

إن المراجعة العلمية أثناء تطوير هذه الوثائق شاملة وواسعة. تتم مراجعة مسودات جميع الوثائق من قبل CASAC ويكون لدى الرأي العام فرصة لإبداء الرأي بها.

وضع القواعد: مع الأخذ في الاعتبار المعلومات الواردة في التقييم العلمي المتكامل، وتقييم مخاطر التعرض، وتقييم السياسة المتبعة ومشورة CASAC، تقوم وكالة حماية البيئة بتطوير ونشر بيان بوضع القواعد المقترحة الذي ينقل قرارات المسؤول المقترحة فيما يتعلق بمراجعة معايير جودة الهواء الوطنية. ويلي فترة إبداء الرأي العام التي تُعقد خلالها جلسات الاستماع العامة بشكل عام نشر بيان وضع القواعد المقترحة. ومع الأخذ في الاعتبار التعليقات الواردة على الأحكام المقترحة، تقوم وكالة حماية البيئة بإصدار الشروط النهائية».

يتم تقسيم العملية الشاملة لوضع وتنفيذ معايير جودة الهواء الوطنية على النحو التالي:

- **المعايير** - وضع المعايير وتعديلها ومراجعتها
- **الدلالات** - تحديد ما إذا كانت المناطق تلبي المعايير
- **التنفيذ** - تحقيق المعايير والمحافظة عليها

2.2.2. العملية في الاتحاد الاوربي

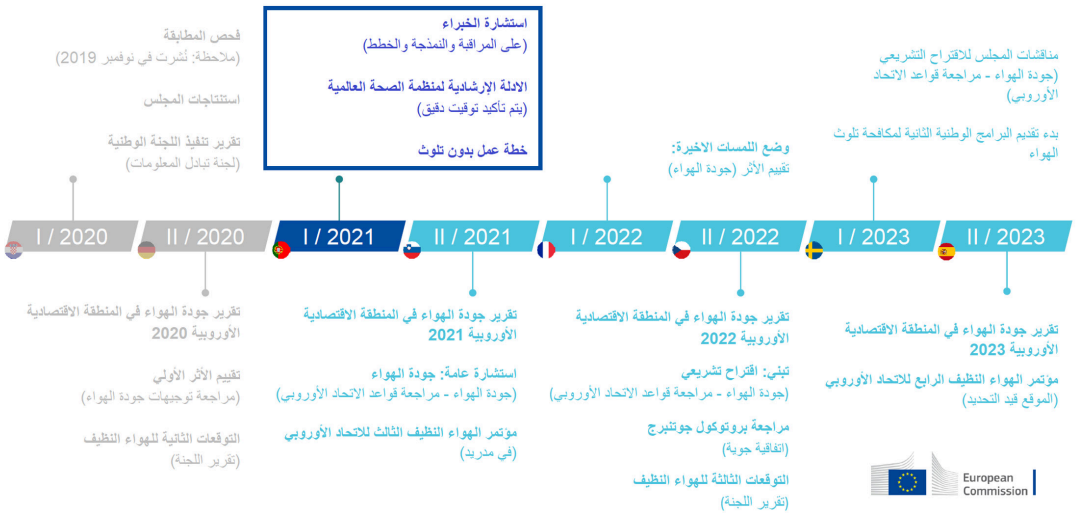
كما هو الحال في الولايات المتحدة الأمريكية، بدأ الدافع[4] لتحسين جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي في السبعينيات مع التركيز على التحكم في الانبعاثات وتحسين جودة الوقود ودمج متطلبات حماية البيئة في قطاعيْ النقل والطاقة. تم إدخال القيم الحدية الأولى وما يسمى بالقيم الإرشادية لثاني أكسيد الكبريت والجسيمات في الهواء المحيط[5] في عام 1980، ثم تلتها القيم الحدية للرصاص في عام 1982[6]، ومعايير جودة الهواء لثاني أكسيد النيتروجين في عام 1985[7]، وللأوزون في عام 1992[8].

من عام 1992 إلى عام 1996 تفاوض الاتحاد الأوروبي بشأن إعداد توجيه/تشريع إطار جودة الهواء[9] بمساعدة مجموعات الخبراء الدولية بما في ذلك منظمة الصحة العالمية. في السنوات التالية تم تنفيذ أربعة توجيهات/تشريعات لاحقة والتي وضعت مزيدًا من التفاصيل حول المراقبة بالإضافة إلى معايير ملوثات الهواء المختلفة. استندت التوجيهات اللاحقة إلى ما يسمى وثائق الموقف[10] الخاصة بـ NO_2، SO_2، Pb، CO، PM، البنزين، O_3، الزرنيخ (As)، الكادميوم (Cd)، النيكل (Ni)، الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs)، والزئبق. تصف هذه الوثائق مصادر الملوثات والمستويات الحالية وتقييم المخاطر واستراتيجية المراقبة والتقييم والمفاهيم التشريعية والتكاليف واستراتيجيات التقليل المحتملة.

[4] https://ec.europa.eu/environment/air/index_en.htm
[5] http://data.europa.eu/eli/dir/1980/779/oj
[6] http://data.europa.eu/eli/dir/1982/884/oj
[7] http://data.europa.eu/eli/dir/1985/203/oj
[8] http://data.europa.eu/eli/dir/1992/72/oj
[9] http://data.europa.eu/eli/dir/1996/62/oj
[10] https://ec.europa.eu/environment/air/quality/assessment.htm

تم تقديم قيم الحد والهدف لـ $PM_{2.5}$ مع توجيهات جودة الهواء[11] EC/50/2008 في عام 2008. دمج هذا التوجيه توجيه إطار جودة الهواء وثلاثة من التوجيهات الملحقة الأربعة، وسيظل ساريًا إضافة الى التوجيه الملحق الرابع[12] EC/107/2004 الذي يعالج المعادن الثقيلة والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات. يُشار إلى هذين التوجيهين معًا باسم توجيهات جودة الهواء المحيط (AAQDs).

تمت مراجعة AAQDs من 2011 إلى 2013 في إطار مراجعة سياسة جودة الهواء[13]. بدأت مزيد من المراجعة لسياسة جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي في عام 2020 وينبغي الانتهاء منها في النصف الثاني من عام 2022 **(الشكل 9)**.



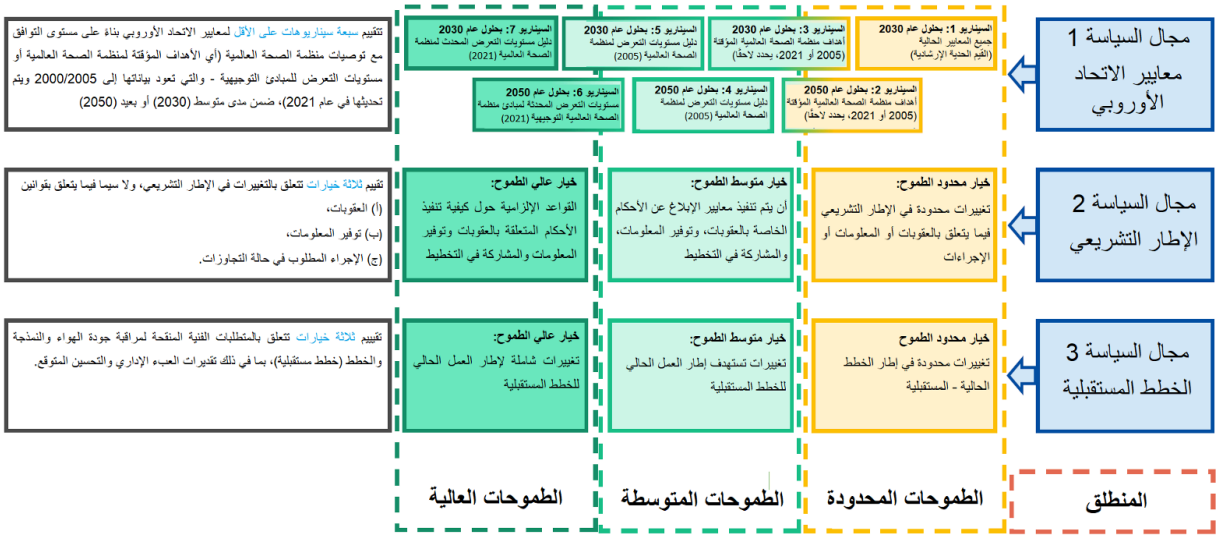
الشكل 9: معالم الهواء النظيف من 2020 إلى 2023، بما في ذلك مراجعة سياسة جودة الهواء الأوروبية (المصدر: المفوضية الأوروبية).

[11] http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj
[12] http://data.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj
[13] https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/review.htm

كخطوة أولى، تم تحليل أوجه القصور في السياسات الحالية **(الشكل 10)**.

الشكل 10: تبعات مواطن الضعف في سياسات الاتحاد الأوروبي الحالية المتعلقة بجودة الهواء (المصدر: المفوضية الأوروبية).

يوضح الشكل التالي خيارات السياسة ومستويات الطموح التي سيتم أخذها في الاعتبار في عملية المراجعة.



الشكل 11: خيارات السياسة المتبعة للوصول لمستوى الطموح (المصدر: المفوضية الأوروبية).

تنقسم خيارات السياسة إلى ثلاثة مجالات:

مجال السياسة 1: مواءمة أوثق لمعايير جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي مع المعرفة العلمية، بما في ذلك إرشادات جودة الهواء المحدثة لمنظمة الصحة العالمية

مجال السياسة 2: تحسين الإطار التشريعي لنوعية الهواء، بما في ذلك الأحكام المتعلقة بالعقوبات والإعلام العام

مجال السياسة 3: تعزيز مراقبة جودة الهواء والنمذجة والتخطيط

تم تطوير مجالات السياسة هذه إلى خيارات وسيناريوهات سياسة أكثر تفصيلاً؛ ويتم النظر في مستويات مختلفة من الأهداف لكل خيار من خيارات السياسة. سيتم توضيح الآثار المترتبة على صحة الإنسان والنظم البيئية من ناحية، والاقتصاد وعدم المساواة والاستدامة الاجتماعية والعبء الإداري من ناحية أخرى، في تقييم الأثر. وسيكون هذا التقييم أساسًا للمفاوضات السياسية بشأن سياسة جودة الهواء المستقبلية.

في الاتحاد الأوروبي، تعتبر عملية مراجعة معايير جودة الهواء المحيط أقل رسمية مما هي عليه في الولايات المتحدة الأمريكية ولا يتم تنفيذها على فترات منتظمة. بالإضافة إلى ذلك، فإن وثائق المراجعة أقل شمولاً. ومع ذلك، فإن معايير جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي تستند أيضًا إلى أدلة علمية وتتضمن مشاركة أصحاب المصلحة.

2.3. أنواع معايير وإرشادات جودة الهواء

تصف دراسة حديثة للبرلمان الأوروبي أنواعًا مختلفة من المعايير المستخدمة في الاتحاد الأوروبي (Bourguignon 2018):

«**القيم الحدية** هي معايير إلزامية، تُعرّف على أنها تركيز الملوث على مدى فترة زمنية؛ يتم وضع القيم الحدية للمواد الجسيمية وثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين والرصاص وأول أكسيد الكربون والبنزين؛

القيم المستهدفة هي المعايير التي يجب تحقيقها قدر الامكان، والتي تُعرّف على أنها تركيز الملوث على مدى فترة زمنية؛ يتم تحديد القيم المستهدفة للأوزون والزرنيخ والكادميوم والنيكل والبنزو (أ) بيرين؛

حد العتبة هي مستوى تركيز الملوثات التي يعتبر بعدها التعرض القصير بمثابة مخاطر صحية لشرائح معينة من السكان؛ إذا تم الوصول إلى هذه العتبة فإن السلطات مطالبة بالإبلاغ؛ لقد تم وضع حد عتبة محدد للأوزون؛

عتبة الإنذار هي مستوى تركيز الملوث الذي بعده يعتبر التعرض القصير بمثابة مخاطر صحية على السكان ككل؛ إذا تم الوصول إلى هذه العتبة فإن السلطات مطالبة بالإبلاغ ووضع خطط عمل قصيرة الأمد؛ لقد تم تعيين عتبات الإنذار لثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين والأوزون؛

تحديد **تركيز التعرّض** هو معيار ملزم يعكس تعرّض الإنسان للجسيمات الدقيقة على المستوى الوطني (على النقيض من ذلك، تنطبق القيم الحدية والمستهدفة على مستوى مناطق جودة الهواء)».

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحديد مستويات المبادئ التوجيهية والأهداف المؤقتة لمنظمة الصحة العالمية على النحو التالي (WHO Regional Office for Europe 2006):

مستويات المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية	توصية أو إرشادات لحماية الصحة العامة من الآثار الضارة لتلوث الهواء، بناءً على النتائج العلمية والمعلومات الأساسية والتوجيهات للحكومات في اتخاذ قرارات إدارة المخاطر
أهداف منظمة الصحة العالمية المؤقتة	خطوات تدريجية في التخفيض التدريجي لتلوث الهواء مخصصة للاستخدام في المناطق التي يكون فيها التلوث مرتفعًا، تهدف إلى تعزيز التحول من تراكيز عالية لملوثات الهواء مع آثار صحية حادة وخطيرة إلى تراكيز أقل.

3. معايير جودة الهواء العالمية

3.1. معايير جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي

3.3.1. مقدمة

تحدد توجيهات جودة الهواء المحيط (AAQDs) 2008/50/EC و2004/107/EC أهدافًا ومعايير لجودة الهواء وطرق ومعايير تقييمها في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي.

فالتوجيه 2008/50/EC يعالج SO_2 وNO_2 وNO_x وPM_{10} و$PM_{2.5}$ وO_3 و Pbg و COg. ويحدد التوجيه EC/107/2004 القيم المستهدفة لـ As Cdg Nig BaPg كعلامة لـ (European Parliament and the Council of the European Union) PAHs) (2004).

في عام 2015، تم تعديل العديد من ملاحق AAQD بموجب التوجيه 1480/2015[14]، حيث يضع هذا التوجيه القواعد المتعلقة بالطرق المرجعية والتحقق من صحة البيانات وموقع نقاط أخذ العينات لتقييم جودة الهواء المحيط.

3.1.2. القيم الحدية لحماية صحة الإنسان

الجدول 1 يصف القيم الحدية لملوثات الهواء المحددة على النحو المنصوص عليه في الملحق الحادي عشر من AAQDs يتم الالتزام بهذه القيم الحدية اعتبارًا من 2005 فصاعدًا (SO_2، PM_{10})، Pb، CO أو من 2010 فصاعدًا (NO_2)، البنزين. (بموجب المادة 22 من AAQD كان من الممكن تأجيل الموعد النهائي) حتى 2015 بالنسبة لثاني أكسيد النيتروجين والبنزين، وحتى يونيو 2011 لـ (PM_{10}) في ظل ظروف محددة، لكن المفوضية اعترضت على عدد كبير من طلبات تمديد المدة[15] من الدول الأعضاء.

يجب الالتزام بالقيم الحدية في جميع أنحاء الأقاليم مع بعض الاستثناءات اعتمادًا على نظام التقييم.

[14] http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj
[15] https://ec.europa.eu/environment/air/quality/time_extensions.htm

الجدول 1: القيم الحدية لجودة الهواء المحيط AAQD
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الملوث	متوسط الفترة	قيمة الحد	ملاحظة
SO_2	ساعة واحدة	350 ميكروغرام/متر مكعب	لا تتجاوز أكثر من 24 مرة في السنة التقويمية
SO_2	يوم واحد	125 ميكروغرام/متر مكعب	لا تتجاوز أكثر من 3 مرات في السنة التقويمية
NO_2	ساعة واحدة	200 ميكروغرام/متر مكعب	لا تتجاوز أكثر من 18 مرة في السنة التقويمية
NO_2	سنة تقويمية	40 ميكروغرام/متر مكعب	
Benzene	سنة تقويمية	5 ميكروغرام/متر مكعب	
CO	متوسط ثماني ساعات كحد أقصى يوميًا	10 مجم/متر مكعب	
Lead	سنة تقويمية	0.5 ميكروغرام/متر مكعب	
PM_{10}	يوم واحد	50 ميكروغرام/متر مكعب	لا تتجاوز أكثر من 35 مرة في السنة التقويمية
PM_{10}	سنة تقويمية	40 ميكروغرام/متر مكعب	

3.1.3. الأهداف والالتزامات والقيمة الحدية لـ $PM_{2.5}$

قدم الملحق الرابع عشر من توجيهات جودة الهواء المحيط العديد من الأحكام الخاصة بـ $PM_{2.5}$ التي تم تلخيصها في **الجدول 2** و**الجدول 3**. وتم تعيين القيمة الحدية التي كانت قيمة مستهدفة حتى عام 2015 لتوفير حد إجمالي في جميع أنحاء الإقليم وبالتالي أيضًا في النقاط المحلية. من منظور الصحة العامة يمكن أن يتم تحقيق فوائد صحية أكبر بكثير إذا تم تقليل مستويات $PM_{2.5}$ الإجمالية.

ويرجع ذلك إلى حقيقة وجود تأثيرات صحية حتى في التراكيز المنخفضة إلى حد ما وأن هناك علاقة خطية إلى حد ما بين الجرعة والاستجابة (WHO Regional Office for Europe 2013a, 2013b). لتفسير هذه الحقائق، قدمت توجيهات جودة الهواء المحيط ما يسمى بالتزام تركيز التعرضECO (20 ميكروغرام/متر مكعب لعام 2013-2015 في المواقع الحضرية، انظر **الجدول 2**) والهدف الوطني للحد من التعرضNERT، (النسبة المئوية للتخفيض بين 2009-2011 و2018-2020، انظر **الجدول 3**). سيؤدي الالتزام بECO والوصول إلى الهدف الوطني للحد من التعرض إلى تقليل تركيزات $PM_{2.5}$ في المناطق الحضرية لنسبة كبيرة من السكان. يتم تحديد ECO وNERT عبر مؤشر متوسط التعرض (AEI).

يتم تقييم مؤشر متوسط التعرض في عدد محدد من المحطات الحضرية في جميع أنحاء الإقليم، ويتم حسابه على أنه متوسط العينات الإجمالية السنوية لمدة ثلاث سنوات تقويمية.

هذا يعني أنه يتم توفير قيمة مؤشر متوسط تعرض واحدة لدولة عضو بأكملها. السنة المرجعية 2010 هي متوسط التركيز للفترة 2008-2010 أو 2009-2011. ويتم احتساب ECO لعام 2015 على أساس المعدلات السنوية لعام 2013-2015 وNERT على أساس المعدلات السنوية للفترة 2018-2020.

بينما يتم تقييم ECO وNERT في المواقع الحضرية فقط، يجب تحقيق التطابق لقيمهما المستهدفة والحدود في جميع أنحاء الإقليم (مع استثناءات معينة فيما يتعلق بنظام التقييم).

الجدول 2: بنود توجيهات جودة الهواء المحيط فيما يتعلق ب $PM_{2.5}$
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

البند	القيمة	السنة	الملاحظات
تركيز التعرض	20 ميكروغرام/متر مكعب	2015	مؤشر متوسط التعرض AEI
الهدف	25 ميكروغرام/متر مكعب	2010	قابلة للتطبيق في جميع أنحاء الإقليم
الحد الاقصى/المرحلة الاولى	25 ميكروغرام/متر مكعب	2015	قابلة للتطبيق في جميع أنحاء الإقليم
الحد الاقصى/المرحلة الثانية	20 ميكروغرام/متر مكعب	2020	قيمة الحد الإرشادي، لا توجد تغييرات في مراجعة 2013

الجدول 3: الهدف الوطني للحد من التعرضNERT مقارنة بالسنة المرجعية لـ $PM_{2.5}$
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

التركيز الأولي بوحدة ميكروغرام / متر مكعب	هدف التخفيض بالنسبة المئوية
< 8.5 = 8.5	0%
> 8.5 — < 13	10%
= 13 — < 18	15%
= 18 — < 22	20%
≥ 22	جميع الاجراءات المناسبة لتحقيق 18 مايكرو غرام / متر مكعب

3.1.4. قيم الأوزون المستهدفة والأهداف طويلة المدى

3.1.4.1. القيم المستهدفة

يوضح **الجدول 4** القيم المستهدفة للأوزون لحماية صحة الإنسان والغطاء النباتي.

الجدول 4: القيم المستهدفة للأوزون
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الهدف	متوسط الفترة	قيمة الهدف
حماية صحة الإنسان	متوسط ثماني ساعات كحد أقصى يوميًا	لا يجب تجاوز 120 ميكروغرام/متر مكعب في أكثر من 25 يومًا في السنة التقويمية بمتوسط ثلاث سنوات
حماية الغطاء النباتي	مايو إلى يوليو	AOT40 [1] من 18000 ميكروغرام/متر مكعب في الساعة بمتوسط خمس سنوات

[1] AOT40 هو مجموع تراكيز الأوزون/ الساعة والأكبر من 80 ميكروغرام/متر مكعب (= 40 جزءًا في المليار) مقاسة بين 8.00 و20.00 بتوقيت وسط أوروبا (CET) كل يوم خلال فترة معينة.

3.1.4.2. الأهداف طويلة المدى للأوزون

الجدول 5 يوضح الأهداف طويلة المدى للأوزون (التاريخ الذي يجب أن تتحقق فيه الأهداف غير محدد في توجيهات جودة الهواء المحيط AAQD).

الجدول 5: الأهداف طويلة المدى للأوزون
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الهدف	متوسط الفترة	قيمة الهدف
حماية صحة الإنسان	متوسط الحد الأقصى لثماني ساعات يوميًا خلال سنة تقويمية	120 ميكروجرام/متر مكعب
حماية الغطاء النباتي	مايو إلى يوليو	AOT40 6000 ميكروغرام/متر مكعب في الساعة موزع على خمس سنوات

3.1.5. عتبات المعلومات والانذار

3.1.4.1. عتبة الانذار لكل من SO_2 وNO_2

يحدث تجاوز عتبة الانذار عندما يتم قياس تراكيز الملوثات فوق مستوى العتبة لمدة ثلاث ساعات متتالية في مواقع تمثل جودة الهواء فوق 100 كيلومتر مربع على الأقل أو منطقة أو مجمع بأكمله.

الجدول 6: عتبات الإنذار لثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النيتروجين
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

SO_2	500 ميكروغرام/متر مكعب
NO_2	400 ميكروغرام/متر مكعب

3.1.5.2. عتبات المعلومات والانذار للأوزون

الجدول 7 يبين معلومات وعتبات الإنذار للأوزون.

الجدول 7: عتبات المعلومات والإنذار الخاصة بالأوزون
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الهدف	متوسط المدة	العتبات
المعلومات	1 ساعة	180 ميكروغرام/متر مكعب
الانذار	1 ساعة	240 ميكروغرام/متر مكعب

3.1.6. مستويات حرجة لحماية الغطاء النباتي

يجب أن تكون نقاط أخذ العينات لمراقبة المستويات الحرجة لحماية الغطاء النباتي **(الجدول 8)** ممثلة لمنطقة لا تقل عن 1000 كيلومتر مربع ويجب أن تكون على مسافة معينة من التجمعات والصناعات والطرق الرئيسية.

الجدول 8: المستويات الحرجة لثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين لحماية الغطاء النباتي
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الملوث	متوسط الفترة	المستويات الحرجة
SO_2	سنة تقويمية وشتاء (1 تشرين الأول / أكتوبر - 31 آذار / مارس)	20 ميكروغرام/متر مكعب
NO_x	سنة تقويمية	30 ميكروغرام/متر مكعب

3.1.7. القيمة المستهدفة للملحق التوجيهي الرابع

تم قياس القيم المستهدفة للملحق التوجيهي الرابع كمتوسط المحتوى الإجمالي لـ PM_{10} خلال سنة تقويمية **(الجدول 9)**.

الجدول 9: القيم المستهدفة للمعادن الثقيلة و بنزو(أ)بيرين
(European Parliament and the Council of the European Union 2008).

الملوث	قيمة الهدف
As	6 نانوغرام/متر مكعب
Cd	5 نانوغرام/متر مكعب
Ni	20 نانوغرام/متر مكعب
BaP	1 نانوغرام/متر مكعب

3.1.8. مراقبة وتقييم تلوث الهواء والالتزام بمعايير جودة الهواء

يتم التحقق من الالتزام بالعتبات المذكورة أعلاه في الاتحاد الأوروبي من خلال البيانات التي يتم جمعها في مواقع مراقبة جودة الهواء، والتي يتعين على الدول الأعضاء تثبيتها في مواقع محددة[16]. يمكن دعم المراقبة عن طريق النمذجة، وكذلك لفحص الالتزام بالمعايير.

إن الأساس الإقليمي لتقييم جودة الهواء هو المناطق والتجمعات (المادة 4 من توجيهات جودة الهواء المحيط (AAQD، والتي تم إنشاؤها من قبل السلطات المختصة في الدول الأعضاء. توفر المادتان 6 و7 من AAQD متطلبات تقييم جودة الهواء، بينما ترد المواصفات التفصيلية في الملحقين الخامس والتاسع (عدد مواقع المراقبة) والملحقين الثالث والثامن (اتفاقية تحديد المواقع). وإن المراقبة في المواقع التي يتم تشغيلها باستمرار مطلوبة إذا تجاوز مستوى الملوث عتبة التقييم العليا) على النحو المنصوص عليه في الملحق الثاني منAAQD)، ويمكن استكماله أو استبداله بقياسات إرشادية أو نمذجة أو تقديرات موضوعية.

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من مواقع المراقبة: المواقع التي تقيس أعلى تراكيز للملوثات مع خطر التعرض العام للسكان خلال فترة معينة؛ ومواقع تقيس التعرض العام؛ والمواقع الريفية. ولضمان إمكانية المقارنة عبر أوروبا، تحدد AAQD معايير الموقع وعدد مواقع المراقبة. بالإضافة إلى ذلك يجب أن تضمن هذه المعايير تمثيلًا خاصا للمواقع حيث قد يكون عددها محدودًا، بالإضافة الى المحددات المالية.

عادة ما يتم رصد التراكيز العالية للملوثات في حركة المرور الحضرية أو المواقع الصناعية. ويتم رصد التعرض العام في مواقع الرصد الحضرية. تقع مواقع الرصد الإقليمية على مسافة معينة من مصادر الانبعاث الرئيسية.

عادة ما تحدث الكثافة المرورية في مناطق مكتظة بالسكان وطرق مزدحمة بكثافة، ولذلك فهي تغطي العديد من النقاط الساخنة للتلوث داخل المدينة، ومع ذلك، يتم تطبيق معايير معينة على مواقعها لضمان تمثيل معين لنتائج القياس.

يجب أن تراقب محطات الرصد الحضرية التعرض العام لسكان الحضر لملوثات الهواء. ويجب أن تراقب مواقع الرصد الإقليمية التعرض العام لسكان الريف، ويجب أن تكون ممثلة للمناطق الريفية الكبيرة.

يضع قانون الاتحاد الأوروبي طرقًا مرجعية لرصد الملوثات المدرجة في كل من AAQD والملحق التوجيهي الرابع. تم وصف الطرق المرجعية في المعايير الأوروبية. وفقًا للملحق التوجيهي الرابع، يمكن استخدام أي طريقة أخرى تعطي نتائج مكافئة لهذه الطريقة. وضعت المفوضية الأوروبية وثيقة إرشادية[17] حول إثبات التكافؤ.

[16] https://www.europarl.europa.eu/thinktank/de/document.html?reference=IPOL_ATA%282019%29631058
[17] https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf
https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/Equivalence%20Tool%20v10.xlsm

تحدد تشريعات الاتحاد الأوروبي أيضًا كيفية تأسيس العدد الصحيح لمواقع المراقبة اعتمادًا على مستويات تركيز الملوثات. وكلما زاد التركيز في منطقة معينة زادت الحاجة إلى المزيد من المحطات وتطبيق أهداف أكثر صرامة في جودة البيانات.

تصف AAQD أيضًا أحكام إعلام الجمهور بمستويات الملوثات وخطط جودة الهواء.

3.2. معايير جودة الهواء في الولايات المتحدة الأمريكية

المعايير في الولايات المتحدة متاحة على موقع الويب الخاص بوكالة حماية البيئة الأمريكية (الجدول 10)[18] يذكر الموقع:

إن «**قانون الهواء النظيف**، الذي في آخر تعديل له في عام 1990، يتطلب من وكالة حماية البيئة أن تضع معايير جودة الهواء الوطنية (40 CFR الجزء 50) للملوثات التي تعتبر ضارة بالصحة العامة والبيئة. يحدد القانون نوعين من معايير جودة الهواء الوطنية. توفر المعايير الأساسية حماية للصحة العامة، بما في ذلك حماية صحة الفئات السكانية «الحساسة» مثل المصابين بالربو والأطفال وكبار السن. بينما توفر المعايير الثانوية حماية الرفاهية العامة، بما في ذلك الحماية من انخفاض الرؤية والأضرار التي تلحق بالحيوانات والمحاصيل والنباتات والمباني.

وضعت وكالة حماية البيئة معايير جودة الهواء الوطنية لستة ملوثات رئيسية، والتي تسمى **«معايير» ملوثات الهواء**. تتم مراجعة هذه المعايير بشكل دوري ويمكن تعديلها. المعايير الحالية مدرجة أدناه. وحدات القياس للمعايير هي الجزء بالمليون (ppm) من الحجم، والجزء بالبليون (ppb) بالحجم، والميكروغرام لكل متر مكعب من الهواء (ميكروغرام/متر مكعب)».

[18] https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table

الجدول 10: معايير جودة الهواء المحيط الوطنية لستة ملوثات هواء حرجة
المصدر: (https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table)

الملوث		اولي /ثانوي	متوسط الوقت	التركيز	الشكل
أول أكسيد الكربون (CO)		اولي	8 ساعات	9 جزء بالمليون (10 ميكروغرام/متر مكعب)	لا يجوز تجاوز أكثر من مرة في السنة
			1 ساعة	35 جزء في المليون (41 ميكروغرام/متر مكعب)	
الرصاص (pb)		اولي وثانوي	المتداول 3 أشهر في المتوسط	0.15 ميكروغرام/متر مكعب[1]	لا يجوز تجاوزها
ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)		اولي	1 ساعة	100 جزء في البليون (191 ميكروغرام/متر مكعب)	النسبة المئوية 98 للتركيز الأقصى لمدة ساعة واحدة يوميًا ، بمتوسط 3 سنوات
		اولي وثانوي	سنة واحدة	53 جزء في البليون[2] (101 ميكروغرام/متر مكعب)	المتوسط السنوي
الأوزون (O_3)		اولي وثانوي	8 ساعات	0.070 جزء في المليون[3] (140 ميكروغرام/متر مكعب)	رابع أعلى تركيز يومي بحد أقصى 8 ساعات، بمتوسط 3 سنوات
الجسيمات الملوثة (PM)	$PM_{2.5}$	اولي	سنة واحدة	12.0 ميكروغرام/متر مكعب	المتوسط السنوي، بمعدل 3 سنوات
		ثانوي	سنة واحدة	15.0 ميكروغرام/متر مكعب	المتوسط السنوي، بمعدل 3 سنوات
		اولي وثانوي	24 ساعة	35 ميكروغرام/متر مكعب	النسبة المئوية الثامنة والتسعون بمعدل 3 سنوات
	PM_{10}	اولي وثانوي	24 ساعة	150 ميكروغرام/متر مكعب	لا يجوز تجاوزه أكثر من مرة في السنة في المتوسط على مدى 3 سنوات
ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)		اولي	1 ساعة	75 جزء في البليون[4] (200 ميكروغرام/متر مكعب)	النسبة المئوية 99 للتركيز الأقصى لمدة ساعة واحدة يوميًا، بمتوسط 3 سنوات
		ثانوي	3 ساعات	0.5 جزء في المليون (1332 ميكروغرام/متر مكعب)	لا يجوز تجاوز أكثر من مرة في السنة

(1) في المناطق غير المعنية بتحقيق معايير Pb قبل إصدار المعايير الحالية (2008)، والتي لم يتم تقديم خطط التنفيذ الخاصة بها لتحقيق أو الحفاظ على المعايير الحالية (2008) والموافقة عليها، تظل المعايير السابقة (1.5 مايكروغرام/ متر مكعب كمتوسط ربع سنوي تقويمي) سارية المفعول.

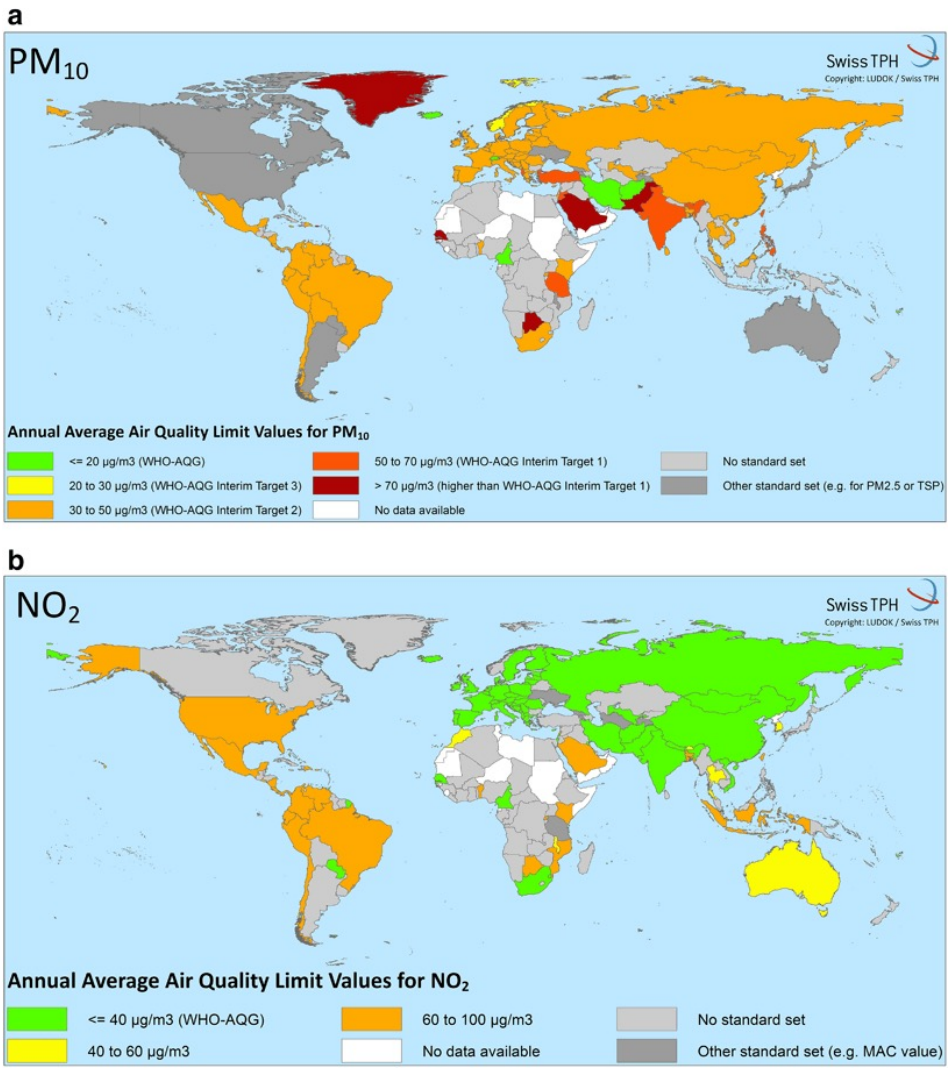
(2) مستوى المعيار السنوي لNO_2 هو 0.053 جزء في المليون. يتم توضيحه هنا بوحدة الجزء بالبليون لأغراض المقارنة مع المستوى القياسي لمدة ساعة.

(3) تم توقيع القانون النهائي في 1 أكتوبر 2015، وأصبح ساريا اعتبارًا من 28 ديسمبر 2015. كما تظل معايير O_3 السابقة (2008) سارية المفعول في بعض المناطق. سيتم معالجة إلغاء معايير O_3 السابقة (2008) والانتقال إلى المعايير الحالية (2015) في قانون تنفيذ المعايير الحالية.

(4) ستظل معايير ثاني أكسيد الكبريت السابقة (0.14 جزء في المليون على مدار 24 ساعة و0.03 جزء في المليون سنويًا) سارية أيضًا في مناطق معينة: (1) أي منطقة لم يمر عليها بعد عام واحد منذ تاريخ التعيين الفعلي بموجب المعايير الحالية (2010)، و (2) أي مجال لم يتم تقديم خطة التنفيذ الخاصة به لتحقيق المعيار الحالي (2010) والموافقة عليه والذي تم تحديده بعدم التحقيق وفقًا لمعايير SO_2 السابقة أو لا يفي بمتطلبات SIP وفقًا لمعايير SO_2 السابقة SIP. (40 CFR 50.4(3)) هي إجراء من وكالة حماية البيئة يتطلب من الدولة إعادة تقديم كل أو جزء من خطة تنفيذ الولاية الخاصة بها لإثبات تحقيق NAAQS المطلوبة.

3.3. معايير جودة الهواء العالمية

يعطي **الشكل 12** لمحة عامة عن متوسط القيم السنوية لمحددات جودة الهواء بالنسبة للجسيمات PM_{10} وNO_2 (Kutlar Joss et al. 2017). في الفقرات أدناه معايير الملوثات الرئيسية لبلدان مختارة.



الشكل 12: متوسط القيم السنوية لمحددات جودة الهواء لكل من PM_{10} و NO_2 (Kutlar Joss et al. 2017)

3.3.1. معايير المتوسط السنوي للجسيمات الدقيقة PM2.5

يوضح الجدول 11 معيار المتوسط السنوي $PM_{2.5}$ في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة واليابان والهند بالإضافة إلى إرشادات منظمة الصحة العالمية لمستويات $PM_{2.5}$.

الجدول 11: معيار المتوسط السنوي $PM_{2.5}$ في مختلف البلدان والأقاليم، وضمن دليل منظمة الصحة العالمية.

	الاتحاد الأوربي[1]	الولايات المتحدة الامريكية[2]	اليابان[3]	الهند[4]	WHO[5]
ميكروغرام/ متر مكعب	25	12 (اولي) 15 (ثانوي)	15	40	10

[1] الاتحاد الأوربي: ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm
[2] الولايات المتحدة الامريكية: https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table
أولي: قائم على الصحة. ثانوي: الرفاهية العامة (مثل المناظر، الضرر الذي يلحق بالممتلكات، مخاطر النقل والمواصلات، القيم الاقتصادية، الراحة الشخصية والرفاهية). المتوسط: على مدى ثلاث سنوات
[3] اليابان: https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html
[4] الهند: https://cpcb.nic.in/air-quality-standard/
[5] منظمة الصحة العالمية: https://www.who.int/airpollution/publications/aqg2005/en/

يوضح الجدول 12 مستويات مختلفة لإدارة جودة الهواء بالنسبة لـ $PM_{2.5}$ في كندا.

الجدول 12: مستويات إدارة $PM_{2.5}$ في كندا (المصدر https://www.ccme.ca/en/resources/air/pm_ozone.html)

Management Level	PM-24 $_{2.5}$hour		$PM_{2.5}$ annual	
	2015	2020	2015	2020
Red (CAAQS)	> 28	> 27	> 10.0	> 8.8
Orange	20 to 28	20 to 27	6.5 to 10.0	6.5 to 8.8
Yellow	11 to 19	11 to 19	4.1 to 6.4	4.1 to 6.4
Green	≤ 10	≤ 10	≤ 4.0	≤ 4.0

لتقليل مستويات الملوثات إلى ما دون CAAQS من خلال إجراءات إدارة الهواء المتقدمة (خطة AQ مطلوبة)

لتحسين جودة الهواء من خلال الإدارة الفعالة للهواء ومنع تجاوز CAAQS (خطة AQ مطلوبة)

لتحسين جودة الهواء باستخدام الإجراءات المبكرة والمستمرة للتحسين المستمر

للحفاظ على جودة الهواء من خلال اجراءات إدارة الهواء الاستباقية للحفاظ على المناطق النظيفة

3.3.2. معايير المتوسط اليومي للجسيمات الدقيقة $PM_{2.5}$

يوضح **الجدول 13** معايير المتوسط اليومي $PM_{2.5}$ في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية لـ $PM_{2.5}$.

الجدول 13: معيار المتوسط اليومي $PM_{2.5}$ في مختلف البلدان والأقاليم، مستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي	الولايات المتحدة الامريكية[2]	اليابان[3]	الهند[4]	WHO[5]
ميكروغرام/ متر مكعب	-	35	35	60	25

[2] الولايات المتحدة الأمريكية: الأولية والثانوية. 98 % بمتوسط ثلاث سنوات
[3] اليابان: 98 %
[4] الهند: المراقبة على مدار 24 ساعة أو 8 ساعات أو 1 ساعة، حسب الضرورة، بنسبة 98 % من الوقت، وقد تتجاوز الحدود ولكن ليس في يومين متتاليين من المراقبة
[5] منظمة الصحة العالمية: 99 %

3.3.3. معايير المتوسط السنوي للجسيمات PM_{10}

يوضح **الجدول 14** معيار المتوسط السنوي للجسيمات الدقيقة PM_{10} في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية بشأن PM_{10}.

الجدول 14: معايير المتوسط السنوي للجسيمات الدقيقة PM_{10} في مختلف البلدان والأقاليم، مستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي	الولايات المتحدة الامريكية	اليابان	كندا	الهند	WHO
ميكروغرام/ متر مكعب	40	-	-	-	60	20

يوضح **الجدول 15** معايير المتوسط اليومي للجسيمات الدقيقة PM_{10} في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية لمستويات PM_{10}.

الجدول 15: معايير المتوسط اليومي للجسيمات PM_{10} في مختلف البلدان والأقاليم، على مستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أدناه **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي[1]	الولايات المتحدة الامريكية[2]	اليابان[3]	كندا	الهند[4]	WHO[5]
ميكروغرام/ متر مكعب	50	150	-	-	100	50

[1] الاتحاد الأوروبي: لا يجوز تجاوزه أكثر من 35 مرة في السنة التقويمية
[2] الولايات المتحدة الأمريكية: الاولية والثانوية. لا يجوز تجاوزه أكثر من مرة في السنة في المتوسط على مدى 3 سنوات
[4] الهند: يجب الالتزام بالمراقبة على مدار 24 ساعة أو 8 ساعات أو 1 ساعة، حسب الضرورة، بنسبة 98 ٪ من الوقت، وممكن ان تتجاوز الحدود ولكن ليس في يومين متتاليين من المراقبة
[5] منظمة الصحة العالمية: 99 %

3.3.4. معايير المتوسط السنوي لثاني أكسيد النيتروجين NO_2

يوضح **الجدول 16** معايير المتوسط السنوي لثاني أكسيد النيتروجين في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية بشأن NO_2.

الجدول 16: معايير المتوسط السنوي لثاني أكسيد النيتروجين في مختلف البلدان والأقاليم، ومستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي	الولايات المتحدة الأمريكية[2]	اليابان	الهند[4]	WHO
ميكروغرام/ متر مكعب	40	100	-	30/40	40

[2] الولايات المتحدة الأمريكية: الابتدائي والثانوي (53 جزء في البليون)
[4] الهند: 30 ميكروغرام/متر مكعب في مناطق حساسة بيئياً

يوضح **الجدول 17** مستويات إدارة جودة الهواء المختلفة لثاني أكسيد النيتروجين في كندا.

الجدول 17: مستويات إدارة NO_2 في كندا
(المصدر https://www.ccme.ca/en/resources/air/pm_ozone.html).

مستوى الإدارة	NO_2 سنوي (ميكروغرام / متر مكعب)		
	2020	2025	
احمر (CAAQS)	> 32.5	> 22.9	لتقليل مستويات الملوثات إلى ما دون CAAQS من خلال إجراءات إدارة الهواء المتقدمة (خطة AQ مطلوبة)
برتقالي	13.6 إلى 32.5	13.6 إلى 22.9	لتحسين جودة الهواء من خلال الإدارة الفعالة للهواء ومنع تجاوز CAAQS (خطة AQ مطلوبة)
اصفر	4.0 إلى 13.4	4.0 إلى 13.4	لتحسين جودة الهواء باستخدام الإجراءات المبكرة والمستمرة للتحسين المستمر
اخضر	≤ 3.8	≤ 3.8	للحفاظ على جودة الهواء من خلال اجراءات إدارة الهواء الاستباقية للحفاظ على المناطق النظيفة

3.3.5. معايير متوسط NO_2 بالساعة

يوضح **الجدول 18** معايير متوسط ثاني أكسيد النيتروجين بالساعة في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية بشأن NO_2.

الجدول 18: معايير متوسط NO_2 بالساعة في بلدان ومناطق مختلفة، ومستوى إرشادات منظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي[1]	الولايات المتحدة الامريكية	اليابان	الهند[4]	WHO
ميكروغرام/ متر مكعب	200	100	-	80	200

[1] الاتحاد الأوروبي: يجب ألا يتم تجاوزه أكثر من 18 مرة في السنة التقويمية
[4] الهند: المراقبة على مدار 24 ساعة أو 8 ساعات أو 1 ساعة، حسب الضرورة، وبنسبة 98 ٪ من الوقت، وقد تتجاوز الحدود ولكن ليس في يومين متتاليين من المراقبة

يوضح **الجدول 19** مستويات إدارة جودة الهواء المختلفة لمتوسط NO_2 لكل ساعة في كندا.

الجدول 19: مستويات إدارة NO_2 في كندا
(المصدر https://www.ccme.ca/en/resources/air/pm_ozone.html).

مستوى الإدارة	NO_2 سنوي (ميكروغرام / متر مكعب)		
	2020	2025	
احمر (CAAQS)	> 115	> 80	لتقليل مستويات الملوثات إلى ما دون CAAQS من خلال إجراءات إدارة الهواء المتقدمة (خطة AQ مطلوبة)
برتقالي	61 إلى 115	61 إلى 80	لتحسين جودة الهواء من خلال الإدارة الفعالة للهواء ومنع تجاوز CAAQS (خطة AQ مطلوبة)
اصفر	40 إلى 59	40 إلى 59	لتحسين جودة الهواء باستخدام الإجراءات المبكرة والمستمرة للتحسين المستمر
اخضر	≤ 38	≤ 38	للحفاظ على جودة الهواء من خلال تدابير إدارة الهواء الاستباقية للحفاظ على المناطق النظيفة

3.3.6. معايير متوسط ثماني ساعات للأوزون O_3

يوضح **الجدول 20** معايير متوسط O_3 لمدة 8 ساعات في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة واليابان والهند بالإضافة إلى مستوى إرشادات منظمة الصحة العالمية لـ O_3.

الجدول 20: معايير متوسط O_3 لمدة 8 ساعات في بلدان ومناطق مختلفة، مستوى إرشادات منظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي[1]	الولايات المتحدة الامريكية[2]	اليابان	الهند	WHO[5]
ميكروغرام/ متر مكعب	120	140	-	100	100

[1] الاتحاد الأوروبي: القيمة المستهدفة، متوسط الحد الأقصى خلال 8 ساعات يوميا، يجب عدم تجاوزه لأكثر من 25 يومًا لكل سنة تقويمية بمتوسط ثلاث سنوات
[2] الولايات المتحدة الأمريكية: الابتدائي والثانوي، رابع أعلى تركيز سنوي بحد أقصى 8 ساعات يوميا، بمتوسط 3 سنوات
[5] منظمة الصحة العالمية: متوسط يومي

3.3.7. معايير متوسط O_3 لمدة ساعة واحدة

يوضح **الجدول 21** معايير متوسط O_3 لمدة ساعة واحدة في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والهند بالإضافة إلى مستوى إرشادات منظمة الصحة العالمية لـ O_3.

الجدول 21: معايير متوسط O_3 لمدة ساعة واحدة في مختلف البلدان والأقاليم، مستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

	الاتحاد الأوربي[1]	الولايات المتحدة الامريكية	اليابان[3]	الهند[4]	WHO
ميكروغرام/ متر مكعب	180/240	-	(120)	180	-

[1] الاتحاد الأوروبي: 180 ميكروغرام/متر مكعب: عتبة المعلومات، 240 ميكروغرام/متر مكعب: عتبة الانذار
[3] اليابان: يجب ألا تتجاوز القيم بالساعة للمؤكسدات الكيميائية الضوئية 0.06 جزء في المليون
[4] الهند: يجب الالتزام بالمراقبة على مدار 24 ساعة أو 8 ساعات أو 1 ساعة، حسب الضرورة، بنسبة 98 ٪ من الوقت، يمكن تتجاوز الحدود ولكن ليس في يومين متتاليين من المراقبة

يوضح **الجدول 22** مستويات مختلفة لإدارة جودة الهواء لمتوسط 8 ساعات للأوزون O3 في كندا.

الجدول 22: مستويات إدارة O3 في كندا
(المصدر https://www.ccme.ca/en/resources/air/pm_ozone.html).

مستوى الإدارة	(O_3 ميكروغرام/متر مكعب) (متوسط 3 سنوات لرابع أعلى متوسط يومي للتركيزات لمدة 8 ساعات)			
	2020	2025	2025	
احمر (CAAQS)	> 126	> 124	> 120	To reduce pollutant levels below the CAAQS through advanced air management actions (AQ plan needed)
برتقالي	114 إلى 126	114 إلى 124	114 إلى 120	To improve air quality through active air management and prevent exceedance of the CAAQS (AQ plan needed)
اصفر	102 إلى 112	102 إلى 112	102 إلى 112	To improve air quality using early and ongoing actions for cont nuous improvement
اخضر	≤ 100	≤ 100	≤ 100	To maintain good air quality through proactive air management measures to keep clean areas clean

3.3.8. معايير SO_2

يوضح **الجدول 23** المعايير اليومية ولكل ساعة لثاني أكسيد الكبريت في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة واليابان والهند، وكذلك المستوى الإرشادي لمنظمة الصحة العالمية.

الجدول 23: معايير ثاني أكسيد الكربون في بلدان وأقاليم مختلفة، ومستوى المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية (بالميكروغرام/متر مكعب. المصدر: انظر الروابط أسفل **الجدول 11**).

الاتحاد الأوربي[1]		الولايات الامريكية[2]		اليابان[3]		الهند[4]		WHO	
350	1 h	200	1 h	107	1 h	80	1 d	500	10 min
125	1 d	1332	3 h	266	1 d	20 / 50	1 y	20	24 h

[1] الاتحاد الأوروبي: قيمة ساعة واحدة لا يجب تجاوزها أكثر من 24 مرة لكل سنة تقويمية؛ يجب ألا يتم تجاوز قيمة يوم واحد أكثر من 3 مرات في السنة التقويمية

[2] الولايات المتحدة الأمريكية: ساعة واحدة للابتدائية (99 بالمائة من التركيزات القصوى لمدة ساعة واحدة يوميًا، بمتوسط 3 سنوات)؛ 3 ساعات للثانوية (لا يتم تجاوزها أكثر من مرة في السنة)

[3] اليابان: يجب ألا يتجاوز المتوسط اليومي لقيم الساعة 0.04 جزء في المليون، ويجب ألا تتجاوز القيم بالساعة 0.1 جزء في المليون

[4] الهند: يجب الالتزام بالقيم المراقبة على مدار 24 ساعة أو 8 ساعات أو 1 ساعة، حسب الضرورة، بنسبة 98 ٪ من الوقت، وقد تتجاوز الحدود ولكن ليس في يومين متتاليين من المراقبة؛ قيمة 20 ميكروغرام/متر مكعب في السنة الواحدة، تنطبق في المناطق الحساسة بيئيًا.

4. معايير جودة الهواء في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

يقدم هذا الفصل لمحة عامة عن المعايير الفردية لجودة الهواء في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربيةقبل مقارنة المعايير في المنطقة بتلك الموجودة في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي وإرشادات منظمة الصحة العالمية.

4.1. البحرين

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في البحرين؛ يتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**

الجدول 24: معايير جودة الهواء في البحرين (المصدر sce.gov.bh)

الملوث	الحدود		متوسط المدة
	ppb	µg/m³	
SO_2	115	300	ساعة واحدة
	48	125	24 ساعة
	19	50	سنوي
NO_2	106	200	ساعة واحدة
	80	150	24 ساعة
	21	40	سنوي
PM_{10}	-	340	24 ساعة
		80	سنوي
$PM_{2.5}$	-	50	24 ساعة
		25	سنوي
CO	17 ppm	20,000	ساعة واحدة
	9 ppm	10,000	ثمان ساعات
Benzene	4	13	24 ساعة
	1.56	5	سنوي
Toluene	300	1,130	24 ساعة
	106	400	سنوي
Xylene	100	434	24 ساعة
	23	100	سنوي
إجمالي الهيدروكربونات غير الميثانية (NMHC)	0.240 ppm	160	ثلاث ساعات
كبريتيد الهيدروجين (H2S)	30	42	ساعة واحدة
	11	15	24 ساعة
NH_3	604	420	ساعة واحدة
	144	100	24 ساعة

نصت المعايير العامة لحماية البيئة والمعايير البيئية لجودة الهواء والماء على القرار الوزاري[19] رقم **(10)** لسنة 1999 بشأن المواصفات البيئية (الهواء والماء) والمعدل بالقرارين الوزاريين رقم **(2)** و **(3) لعام 2001**. وقد تم تحديث المواصفات مؤخرًا. يتضمن الجدول أعلاه المستويات المحدثة.

4.2. الكويت

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في الكويت؛ ويتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**

الجدول 25: معايير جودة الهواء في الكويت
(المصدر https://enterprise.emisk.org/eMISKAirQuality/#/KAQI).

الملوث	الحدود	متوسط المدة
SO_2	200 ميكروغرام/متر مكعب (75 ppb)	ساعة واحدة
	51 ميكروغرام/متر مكعب (19 ppb)	24 ساعة
NO_2	191 ميكروغرام/متر مكعب (100 ppb)	ساعة واحدة
	40 ميكروغرام/متر مكعب (21 ppb)	سنوي
CO	41 مجم/متر مكعب (35 ppm)	ساعة واحدة
O_3	140 ميكروغرام/متر مكعب (70 ppb)	ثمان ساعات
PM_{10}	350 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة
$PM_{2.5}$	75 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة

معايير جودة الهواء منصوص عليها في ملاحق القرار رقم 2017/8 للأوامر التنفيذية للقانون رقم 42 لسنة 2014 بإصدار قانون حماية البيئة[20].

4.3. عُمان

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في عُمان؛ يتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**

قامت وزارة البيئة والشؤون المناخية بتطوير وإصدار معايير جودة الهواء لسلطنة عُمان من خلال القرار الوزاري رقم 2017/41[21].

[19] https://www.sce.gov.bh/en/AirQuality?cms=iQRpheuphYtJ6pyXUGiNqiQQw2RhEtKe
[20] http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/kuw142030E.pdf, https://www.ilo.org/dyn/natlex/natlex4.detail?p_lang=en&p_isn=99818, https://epa.org.kw/en-us/AirQuality
[21] https://www.duqm.gov.om/upload/files/air-quality-protection.pdf

الجدول 26: معايير جودة الهواء في عُمان
(المصدر https://www.duqm.gov.om/upload/files/air-quality-protection.pdf).

الملوث	الحدود		متوسط الفترة
	ppb	µg/m³	
SO_2	131	350	ساعة واحدة
	56	150	24 ساعة
H_2S	20	30	ساعة واحدة
NO_2	131	250	ساعة واحدة
	68	130	24 ساعة
O_3	60	120	ثمان ساعات
NH_3		200	24 ساعة
CO	25,773	30 mg/m³	ساعة واحدة
	8,591	10 mg/m³	ثمان ساعات
PM_{10}	-	150	24 ساعة
$PM_{2.5}$	-	65	24 ساعة
NMHC	0.24	160	ثلاث ساعات
Pb		1.5	ثلاثة أشهر

4.4. قطر

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في قطر؛ يتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**

الجدول 27: معايير جودة الهواء في قطر
(دولة قطر - وزارة التخطيط التنموي والإحصاء 2014).

الملوث	الحدود	متوسط المدة
SO_2	365 ميكروغرام/متر مكعب (137 جزء في البليون)	24 ساعة
	80 ميكروغرام/متر مكعب (30 جزء في البليون)	سنوي
NO_2	400 ميكروغرام/متر مكعب (209 جزء في البليون)	ساعة واحدة
	150 ميكروغرام/متر مكعب (78 جزء في البليون)	24 ساعة
	100 جم/م^3 (52 جزء في البليون)	سنوي
O_3	235 ميكروغرام/متر مكعب (118 جزء في البليون)	ساعة واحدة
	120 ميكروجرام/متر مكعب (60 جزء في البليون)	ثمان ساعات
CO	40 مجم/متر مكعب (34 جزء في المليون)	ساعة واحدة
	10 مجم/متر مكعب (9 جزء في المليون)	ثمان ساعات
PM_{10}	150 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة
	50 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي
$PM_{2.5}$	-	24 ساعة
	-	سنوي

تم وضع المعايير الوطنية لجودة الهواء في اللائحة التنفيذية لقانون حماية البيئة 2002/30 (دولة قطر - وزارة التخطيط التنموي والإحصاء 2014).

4.5. المملكة العربية السعودية

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في المملكة العربية السعودية؛ يتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**

تم تقديم معايير جودة الهواء في عام 2012 من قبل الهيئة العامة للأرصاد والبيئة في المملكة العربية السعودية؛ تم تحديث المعايير في الآونة الأخيرة.[22]

[22] https://www.mewa.gov.sa/ar/InformationCenter/DocsCenter/RulesLibrary/Pages/default.aspx

الجدول 28: معايير جودة الهواء في المملكة العربية السعودية،
المصدر: https://www.mewa.gov.sa/ar/InformationCenter/DocsCenter/RulesLibrary/Pages/default.aspx.

الملوث	الحدود	متوسط المدة	عدد التجاوزات
CO	10 مجم/متر مكعب (9 ppm)	8 ساعات	مرتين في الشهر
	40 مجم/متر مكعب (34 ppm)	ساعة واحدة	مرة واحدة في السنة
Pb	0.15 ميكروغرام/متر مكعب	3 أشهر	لا يوجد
NO_2	200 ميكروغرام/متر مكعب (ppb)	ساعة واحدة	24 مرة في السنة
	100 ميكروغرام/متر مكعب (52 ppb)	سنوي	لا يوجد
SO_2	441ميكروغرام/متر مكعب (165 ppb)	ساعة واحدة	24 مرة في السنة
	217ميكروغرام/متر مكعب (81 ppb)	24 ساعة	3 مرات في السنة
	65 ميكروغرام/متر مكعب (24 ppb)	سنوي	لا يوجد
Benzene	5 ميكروغرام/متر مكعب (1.5 ppb)	سنوي	لا يوجد
PM_{10}	340 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة	12 مرة في السنة
	50 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي	لا يوجد
$PM_{2.5}$	35 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة	12 مرة في السنة
	15 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي	لا يوجد
O_3	157 ميكروغرام/متر مكعب (79 ppb)	8 ساعات	25 مرة في السنة (متوسط أكثر من 3 سنوات)
H_2S	150 ميكروغرام/متر مكعب (100 ppb)	24 ساعة	10 مرات في السنة
	40 ميكروغرام/متر مكعب (30 ppb)	سنوي	لا يوجد

4.6. الإمارات العربية المتحدة

يوضح الجدول التالي معايير جودة الهواء في دولة الإمارات العربية المتحدة؛ يتم عرض مقارنة مع المعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى في **القسم 4.7.**.

الجدول 29: معايير جودة الهواء في دولة الإمارات العربية المتحدة
(المصدر https://www.adairquality.ae/)

الملوث	الحدود	متوسط المدة
SO_2	350 ميكروغرام/متر مكعب (131 جزء في البليون)	ساعة واحدة
	150 ميكروغرام/متر مكعب (56 جزء في البليون)	24 ساعة
	60 ميكروغرام/متر مكعب (23 جزء في البليون)	سنوي
NO_2	400 ميكروغرام/متر مكعب (209 جزء في البليون)	ساعة واحدة
	150 ميكروغرام/متر مكعب (78 جزء في البليون)	24 ساعة
CO	30 مجم/متر مكعب (26 جزء في المليون)	ساعة واحدة
	10 مجم/متر مكعب (9 جزء في المليون)	8 ساعات
O_3	200 ميكروغرام/متر مكعب (100 جزء في البليون)	ساعة واحدة
	120 ميكروغرام/متر مكعب (60 جزء في البليون)	8 ساعات
PM_{10}	150 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة
TSP	230 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة
	90 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي
Lead	1 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي

* لا يسمح بالتجاوزات

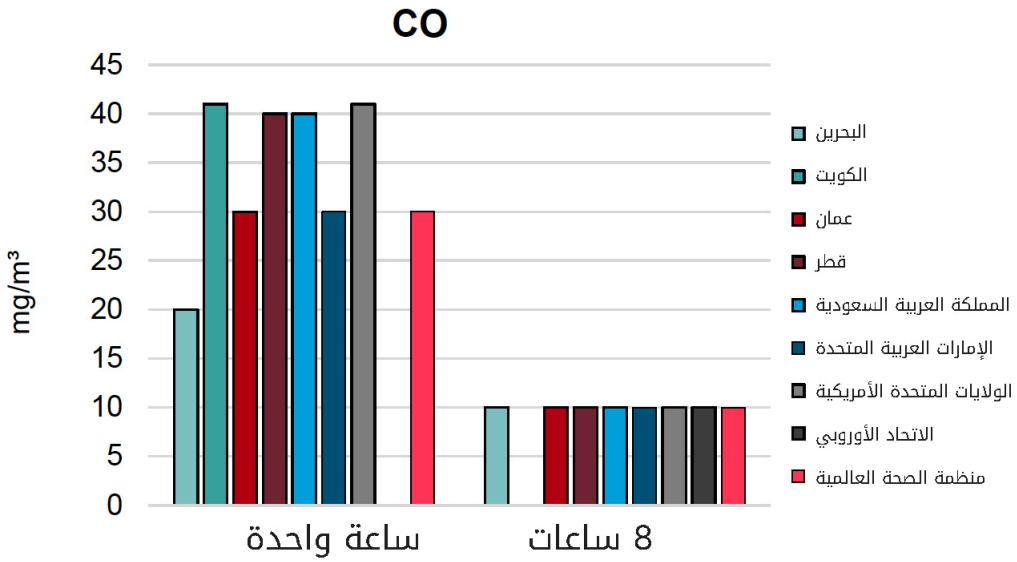
لم يتم ذكر القانون الذي يتضمن معايير جودة الهواء على موقع نظام مراقبة جودة الهواء التابع لهيئة البيئة.[23]

[23] https://www.adairquality.ae/

4.7. مقارنة معايير دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية مع معايير اخرى

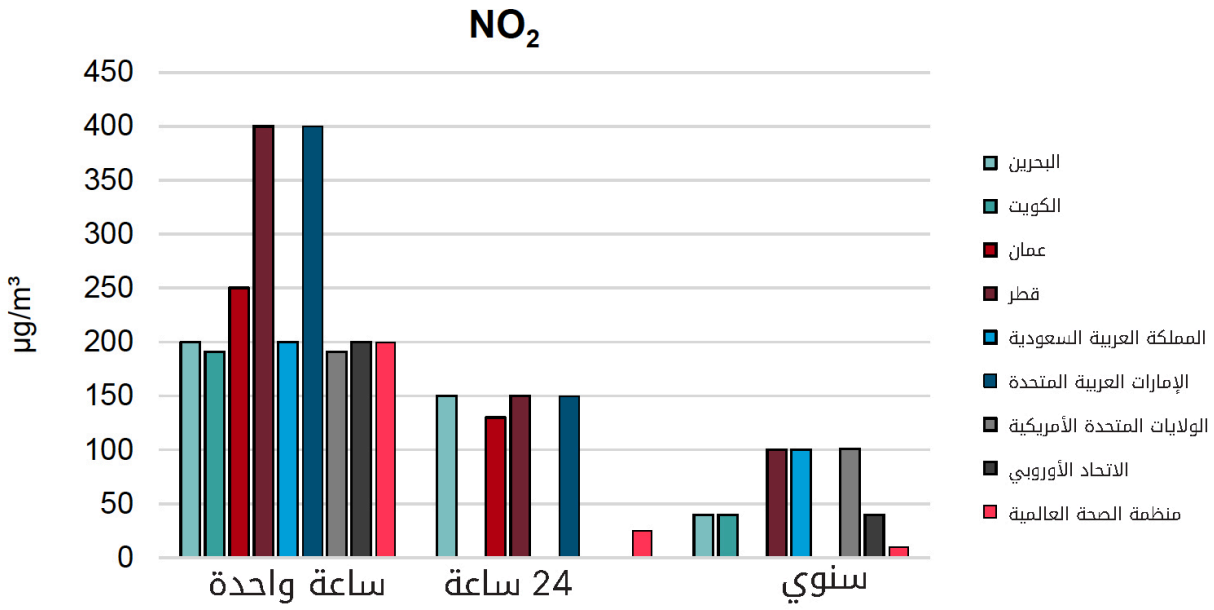
توضح الأشكال التالية مقارنة معايير جودة الهواء في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية مع المستويات الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية وكذلك المعايير في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية.

4.7.1. أحادي أكسيد الكربون



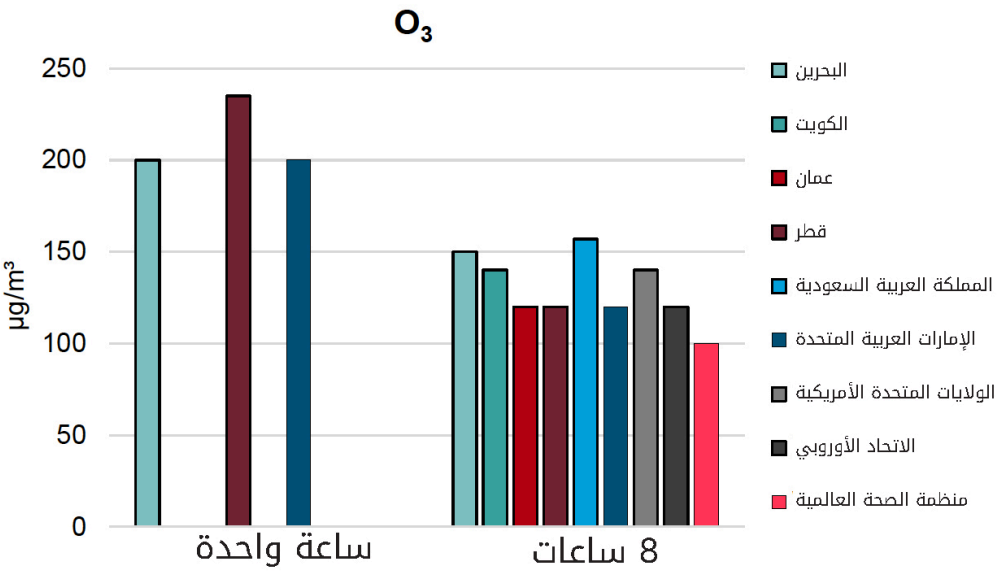
الشكل 13: مقارنة بين معايير جودة الهواء والمستويات الإرشادية لأحادي أكسيد الكربون.

NO_2 4.7.2.



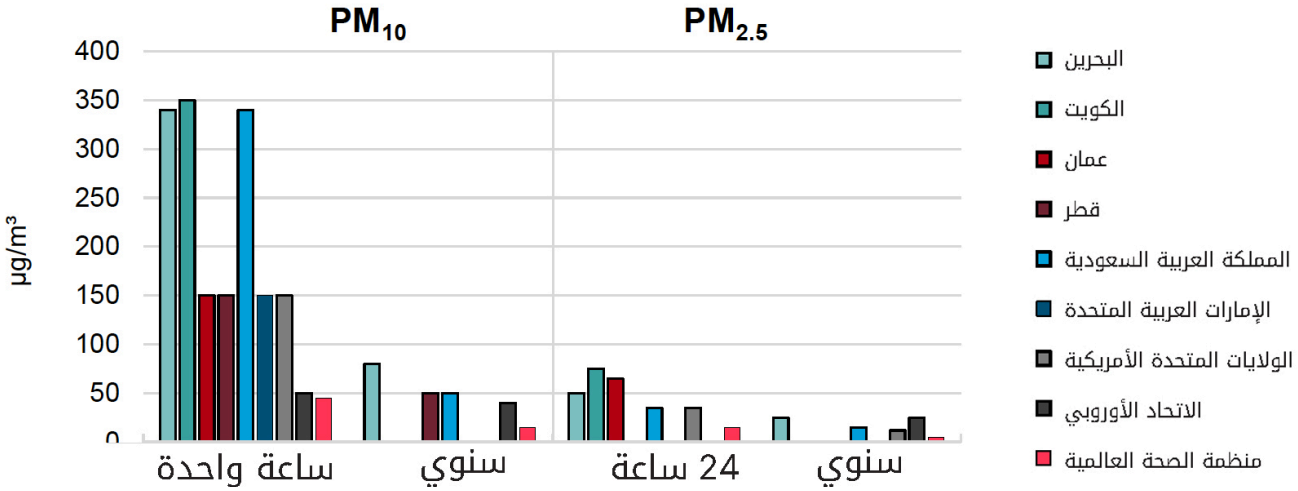
الشكل 14: مقارنة بين معايير جودة الهواء والمستويات الإرشادية لثنائي أكسيد النيتروجين.

4.7.3. الأوزون



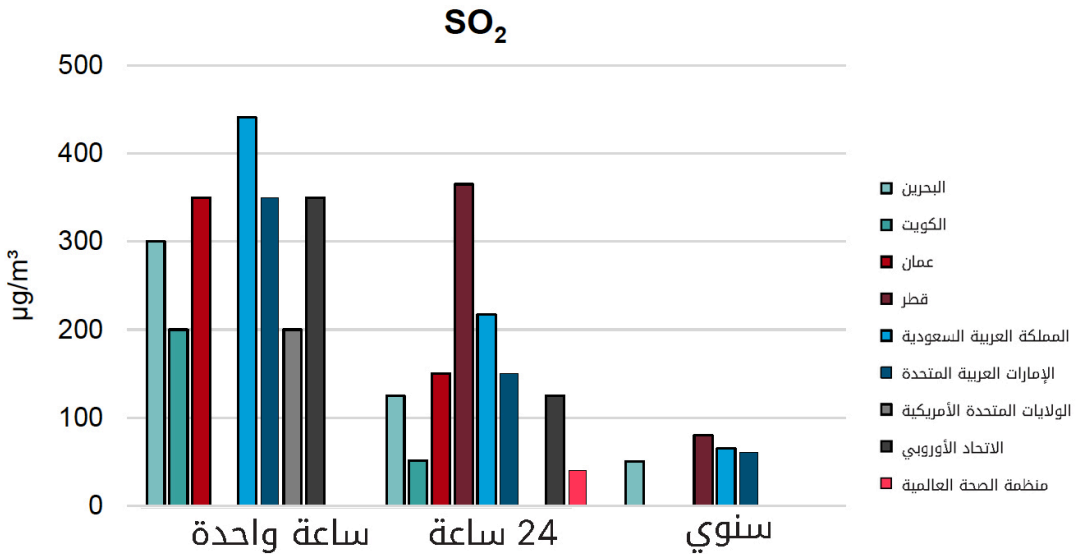
الشكل 15: مقارنة بين معايير جودة الهواء والمستويات الإرشادية لـ O_3

4.7.4. $PM_{2.5}$, PM_{10}



الشكل 16: مقارنة بين معايير جودة الهواء والمستويات الإرشادية للجسيمات PM_{10} و$PM_{2.5}$

SO_2 4.7.5.



الشكل 17: مقارنة بين معايير جودة الهواء والمستويات الإرشادية لثاني أكسيد الكبريت.

5. إرشادات جودة الهواء والأهداف المرحلية لمنظمة الصحة العالمية

تهدف إرشادات جودة الهواء الصادرة عن منظمة الصحة العالمية (WHO AQGs) إلى توفير أساس لحماية صحة الإنسان من الآثار الضارة لتلوث الهواء (المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لأوروبا، 1987، 2000، 2006 ؛ منظمة الصحة العالمية 2021) وتقدم مجموعة ارشادات جودة الهواء التابعة لمنظمة الصحة العالمية توصيات كمية صحية لإدارة جودة الهواء، معبراً عنها بتراكيز طويلة أو قصيرة الأمد. في سبتمبر 2021، نشرت منظمة الصحة العالمية تحديثًا لمعايير جودة الهواء مع المستويات والأهداف المرحلية للجسيمات $PM_{2.5}$ وPM_{10} وO_3 وNO_2 وSO_2 وCO (منظمة الصحة العالمية 2021)؛ **(انظر الفقرة 5-2)**. بالإضافة إلى ذلك، نشرت منظمة الصحة العالمية ما يسمى ببيانات الممارسات الجيدة **(انظر الفقرة 5-3)**.

5.1. إرشادات جودة الهواء تختلف عن المعايير

تهدف مجموعة جودة الهواء التابعة لمنظمة الصحة العالمية إلى توفير أساس لحماية البشر من الآثار الضارة لتلوث الهواء (المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لأوروبا 2000، 2006؛ منظمة الصحة العالمية 2021)، عادة ما يتم تحديدها بمستوى التركيز ومتوسط الفترة (Schneider et al. 2014).

وعلى الرغم من أن قواعد جودة الهواء لمنظمة الصحة العالمية تستند إلى اعتبارات صحية، فإن التعرّض حتى أقل من القيم التوجيهية قد يشكل مخاطر صحية. وهذا ينطبق بشكل خاص على الملوثات مثل المواد الجسيمية التي تبين أنه لا يوجد مستوى عتبة يمكن استبعاد الآثار الضارة تحته. أيضا، وقد يكون لمزيج الملوثات تأثيرات إضافية؛ فقد تتأثر المجموعات شديدة الحساسية أيضًا عند تعرضها لمستويات عند أو أقل من معايير جودة الهواء لمنظمة الصحة العالمية.

لا تعتبر مجموعة ارشادات جودة الهواء التابعة لمنظمة الصحة العالمية معايير جودة للهواء في حد ذاتها ولكنها تهدف إلى توفير معلومات أساسية وإرشادات لصانعي السياسات. تستند المبادئ التوجيهية فقط الى الاعتبارات الصحية، بينما تأخذ المعايير التنظيمية جوانب أخرى في الاعتبار. على سبيل المثال، لا تراعي مجموعة ارشادات تنظيم الجودة في منظمة الصحة العالمية الجدوى التقنية أو الجوانب الاقتصادية والسياسية والاجتماعية للجهود المبذولة لتحقيق هذه المستويات. وبالتالي يمكن اعتبار مجموعة إرشادات جودة الهواء التابعة لمنظمة الصحة العالمية بمثابة توصيات.

في المقابل، يجب تحقيق القيم الحدّية المنصوص عليها في توجيهات الاتحاد الأوروبي خلال فترة زمنية معينة ولا يجب تجاوزها. يمكن أن يكون لعدم الالتزام بالقيم الحدية المنصوص عليها في AAQD عواقب قانونية أو دعاوى قضائية من قبل المواطنين ضد الوكالات أو الإدارات ذات الصلة، لذلك، عادة ما تؤخذ الجوانب الاقتصادية والتقنية والسياسية والاجتماعية في الاعتبار عند وضع القيم الحدية والمعايير التنظيمية ذات الصلة. بالإضافة إلى ذلك، يجب تحديد التفاصيل الفنية للالتزام (على سبيل المثال، أين يجب تلبية المعايير: في مواقع الخلفية الحضرية أو في المناطق الساخنة مثل منعطفات الشوارع؟).

تطوير وتنقيح المبادئ التوجيهية

كما هو موضح في دراسة «سياسة جودة الهواء في الاتحاد الأوروبي والقيم الإرشادية للصحة لمنظمة الصحة العالمية» (Schneider et al. 2014) فإن تطوير قواعد جودة الهواء التابعة لمنظمة الصحة العالمية قائم على الأدلة ويعتمد على أحدث المعارف العلمية من مختلف التخصصات، بما في ذلك علم الأوبئة وعلم السموم والطب المهني والبيئي. لقد ساهم أكثر من 100 خبير في إعداد وثائق المعلومات الأساسية أو شاركوا في المناقشات العلمية التي أدت إلى اشتقاق قيم إرشادية لعدد كبير من ملوثات الهواء.

تم اختيار الملوثات التي سيتم وضع الدلائل الإرشادية لها والمراجعات التي سيتم إجراؤها من قبل مجموعات العمل على أساس معايير مختلفة، بما في ذلك ما إذا كان يمكن حدوث آثار صحية كبيرة وأين يمكن توقع حدوث تعرّض كبير. أعدت مجموعات العمل مراجعات متعمقة لوثائق الخلفية العلمية لكل ملوث. وبناءً على هذه الوثائق، تمت مناقشة المبادئ التوجيهية وصياغتها. كما تمت مراجعة مسودة التقرير من قبل مجموعة استشارية.

بالإضافة إلى القيم الإرشادية، قدمت مجموعة عمل خاصة إرشادات لواضعي السياسات لوضع معايير تنظيم جودة الهواء بناءً على هذه القيم.

لمراعاة إمكانية تحقيق القيم التوجيهية في أجزاء مختلفة من العالم، حددت منظمة الصحة العالمية الأهداف المرحلية للجسيمات والأوزون وثاني أكسيد الكبريت في تحديثاتها العالمية في عامي 2005 و 2021 (المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لأوروبا 2006؛ منظمة الصحة العالمية 2021).

5.2. توصيات حول ملوثات الهواء الرئيسية

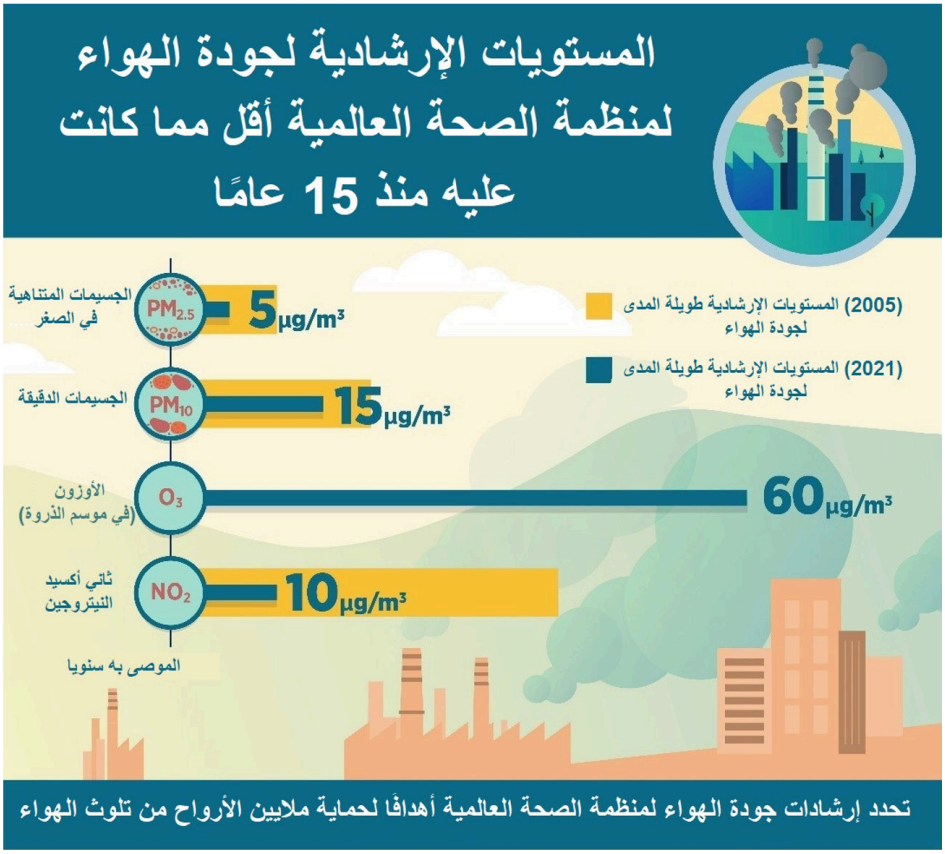
توفر مجموعة إرشادات جودة الهواء المحدثة مستويات قصيرة وطويلة الأمد وأهدافاً مؤقتة للجسيمات الدقيقة $PM_{2.5}$، PM_{10}، O_3، NO_2، SO_2، CO الموضحة في **الجدول 30**.

الجدول 30: مستويات AQG لمنظمة الصحة العالمية والأهداف المرحلية (WHO 2021).

الملوث	متوسط الوقت	الهدف المرحلي (المؤقت)				مستوى AQG
		1	2	3	4	
$PM_{2.5}$ ميكروغرام/متر مكعب	سنوي	35	25	15	10	5
	24 ساعة[أ]	75	50	37.5	25	15
PM_{10} ميكروغرام/متر مكعب	سنوي	70	50	30	20	15
	24 ساعة[أ]	150	100	75	50	45
O_3 ميكروغرام/متر مكعب	موسم الذروة[ب]	100	70	-	-	60
	8 ساعات[أ]	160	120	-	-	100
NO_2 ميكروغرام/متر مكعب	سنوي	40	30	20	-	10
	24 ساعة[أ]	120	50	-	-	25
SO_2 ميكروغرام/متر مكعب	24 ساعة[أ]	125	50	-	-	40
CO ملغرام/متر مكعب	24 ساعة[أ]	7	-	-	-	4

أ 99 % (أي 3-4 أيام تجاوز في السنة).
ب معدل الحد الاقصى لتركيز O3 لثمان ساعات باليوم في ستة أشهر متتالية مع أعلى متوسط لتركيز O3

يُوضّح **الشكل 18** و**الشكل 19** أدناه كيفية مقارنة مستويات إرشادات جودة الهواء بتلك التي تم تحديدها في عام 2005.



الشكل 18: التوجيهات الارشادية لجودة الهواء لمنظمة الصحة العالمية لعام 2021 مقارنة بتلك المحددة في عام 2005 (المصدر WHO).

الشكل 19: مستويات إرشادات جودة الهواء قصيرة المدى لعام 2021 مقارنة بتلك المحددة في 2005 (المصدر: منظمة الصحة العالمية).

مستويات إرشادات جودة الهواء قصيرة المدى التي لم يتم إعادة تقييمها ولا تزال نافذة، انظر **الجدول 31**.

الجدول 31: إرشادات جودة الهواء لثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون بمتوسط زمن قصير (WHO Regional Office for Europe 2006).

الملوث	متوسط الفترة الزمنية	إرشادات جودة الهواء التي لاتزال نافذة
NO_2 ميكروغرام/متر مكعب	ساعة واحدة	200
SO_2 ميكروغرام/متر مكعب	10 دقائق	500
CO ميكروغرام/متر مكعب	8 ساعات	10
	ساعة واحدة	35
	15 دقيقة	100

5.3. بيانات الممارسة السليمة

بقيت الآثار الصحية المحتملة للكربون الأسود والجسيمات متناهية الصغر والجسيمات الدقيقة من العواصف الرملية والترابية قيد المناقشة لعدة سنوات (WHO Regional Office for Europe 2012, 2013b).

ولا تزال البيانات غير كافية لتقديم توصيات بشأن المستويات الارشادية لنوعية الهواء والأهداف المرحلية لهذه الأنواع المحددة من الجسيمات الدقيقة. ومع ذلك، فقد تم ضمان إجراءات تقليل الانبعاثات ومستويات التركيز بالإضافة إلى مزيد من الأبحاث حول المخاطر وأساليب التخفيف، كما هو موضح في «بيانات الممارسات السليمة» في قواعد جودة الهواء المُحدّثة (WHO 2021).

5.3.1. الكربون الأسود / الكربون الولي

الكربون الأسود (BC) عبارة عن كربون محمول في الهواء يشبه السخام ويتم قياسه بالطرق البصرية. ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بتركيز كتلة الكربون الأولي EC (الكربون في أشكال بلورية مختلفة) الذي يتم مراقبته بالطرق الحرارية الضوئية. يتكون الكربون الأسود / الكربون الأولي عادةً من خلال الاحتراق غير الكامل للوقود الأحفوري والوقود الحيوي والكتلة الحيوية، وينبعث من كل من المصادر البشرية والطبيعية. يمكن أن تشمل الكربون الاسود مواد مسرطنة وأنواع سامة أخرى. إن الكربون الأسود هو عامل قوي لتسخين المناخ يعمل عن طريق امتصاص الحرارة في الغلاف الجوي وتقليل الالبيدو albedo (القدرة على عكس ضوء الشمس) عند ترسبه على الثلج والجليد (IPCC 2021).

توفر مجموعات إرشادات جودة الهواء المحدثة بيانات الممارسة السليمة التالية للكربون الأسود / الكربون الأولي (WHO 2021):

1. اجراء قياسات منهجية[24] للكربون الأسود و/او الكربون الأولي. يجب ألا تحل هذه القياسات محل أو تقلل من المراقبة الحالية للملوثات التي توجد ضمن المبادئ التوجيهية حاليًا.

2. إجراء عمليات جرد للانبعاثات وتقييمات التعرّض وتعيين المصادر للكربون الأسود / الكربون الأولي.

3. اتخاذ تدابير لخفض انبعاثات الكربون الأسود / الكربون الأولي من داخل الولاية القضائية ذات الصلة، وقدر الإمكان، وضع معايير (أو أهداف) لتراكيز للكربون الأسود / الكربون الأولي.

5.3.2. الجسيمات متناهية الصغر

تعتبر الجسيمات متناهية الصغر (UFP) بشكل عام اذا كانت بقطر أقل من أو يساوي 0.1 ميكرومتر (أي 100 نانومتر). أهم طرق توليد الجسيمات متناهية الصغر هي عملية احتراق الوقود، وتشمل المصادر الرئيسية للجسيمات متناهية الصغر النقل والمحطات الصناعية ومحطات الطاقة والتدفئة السكنية. توفر مجموعات ارشادات جودة الهواء المحدثة بيانات الممارسات السليمة التالية للجسيمات متناهية الصغر (WHO 2021):

1. تحديد كمية الجسيمات متناهية الصغر من حيث تركيز عدد الجسيمات (PNC) لنطاق حجم بحد أدنى ≥10 نانومتر وبدون قيود على الحد الأعلى.

[24] في أوروبا، لا توجد حاليًا طريقة قياسية لقياس الكربون الاسود. بالنسبة للكربون الاولي والكربون العضوي (OC) تم تطوير معيار أوروبي: EN 16909:2017: الهواء المحيط - قياس الكربون الأولي (EC) والكربون العضوي (OC) الذي يتم جمعه على المرشحات.

2. توسيع إستراتيجية مراقبة جودة الهواء المشتركة من خلال دمج مراقبة[25] الجسيمات متناهية الصغر في مراقبة جودة الهواء الحالية. كذلك، تضمين قياسات تركيز عدد الجسيمات مفصولة على اساس الحجم في الوقت الحقيقي في محطات مراقبة الهواء المحددة، بالإضافة إلى الملوثات المحمولة جواً وخصائص الجسيمات الدقيقة.

3. التمييز بين تركيز عدد الجسيمات المنخفضة والعالية لتوجيه القرارات بشأن أولويات التحكم في انبعاثات مصدر الجسيمات متناهية الصغر. يمكن اعتبار تركيز عدد الجسيمات المنخفض <1000 جسيم/سم مكعب (متوسط 24 ساعة). ويمكن اعتبار تركيز عدد الجسيمات المرتفع > 10000 جسيم/سم مكعب (متوسط 24 ساعة) أو 20000 جسيم/سم مكعب (ساعة واحدة).

4. الاستفادة من العلوم والتكنولوجيا الناشئة لتعزيز النهج لتقييم التعرّض للجسيمات متناهية الصغر للتطبيق في الدراسات الوبائية وإدارة الجسيمات متناهية الصغر.

5.3.3. الجسيمات الناتجة عن العواصف الرملية والترابية

أصبح التعامل مع جزيئات العواصف الرملية والترابية (SDS) أولوية متزايدة لدى المجتمع العالمي. يمكن أن يكون لجزيئات العواصف الرملية والترابية تأثيرات واسعة النطاق بسبب النقل طويل المدى للغبار عبر البلدان وحتى القارات. لا يوجد تمييز دقيق بين العواصف الرملية والعواصف الترابية بسبب وجود تدرج من أحجام الجسيمات في أي عاصفة. لقد تزامنت عواصف الغبار الصحراوي مع زيادات كبيرة في التراكيز المقاسة لكل من PM_{10} و$PM_{2.5}$.

تشير الأبحاث في جنوب أوروبا إلى زيادة تراكم تراكيز الملوثات البشرية المنشأ أثناء حوادث الغبار المنقول ويرجع ذلك على الأرجح إلى عدد من الظواهر الجوية ذات الصلة (Querol et al. 2019).

توفر إرشادات جودة الهواء المحدثة بيانات الممارسة السليمة التالية لجزيئات العواصف الرملية والترابية (WHO 2021):

1. الحفاظ على برامج مناسبة لإدارة جودة الهواء والتنبؤ بالغبار. يجب أن تشمل هذه أنظمة الإنذار المبكر وخطط قصيرة المدى لتنبيه السكان للبقاء في منازلهم واتخاذ التدابير الشخصية لتقليل التعرض لتلوث الهواء، والآثار الصحية قصيرة المدى اللاحقة أثناء حوادث العواصف الترابية والرملية ذات المستويات العالية من الجسيمات.

2. الحفاظ على برامج مناسبة لمراقبة جودة الهواء وإجراءات إعداد التقارير، بما في ذلك أنشطة تعيين المصادر لتحديد وتوصيف تركيبة الجسيمات والنسبة المئوية لمساهمة العواصف الترابية والرملية في التركيز الكلي للجسيمات. سيُمكن ذلك السلطات المحلية من استهداف الانبعاثات المحلية للجسيمات من المصادر البشرية والطبيعية للحدّ منها.

3. إجراء الدراسات الوبائية، بما في ذلك تلك التي تتناول الآثار طويلة المدى للعواصف الترابية والرملية، والأنشطة البحثية التي تهدف إلى فهم أفضل لسُمّية الأنواع المختلفة للجسيمات. يوصى بمثل هذه الدراسات بشكل خاص للمناطق التي يوجد فيها نقص في المعرفة والمعلومات الكافية حول المخاطر الصحية التي يسببها التعرض المتكرر لغبار العواصف الترابية والرملية.

4. تنفيذ برامج السيطرة على الرياح المُسبّبة للتعرية من خلال التوسع المخطط له بعناية للمساحات الخضراء التي تأخذ في الاعتبار ظروف النظام البيئي ويتم تحديدها وفقًا لذلك، وهذا يستدعي تعاونًا إقليميًا بين البلدان في المناطق المتضررة من العواصف الترابية والرملية لمكافحة التصحر وإدارة المساحات الخضراء بعناية.

24 في أوروبا، لا توجد حاليًا طريقة قياسية لقياس الكربون الاسود. بالنسبة للكربون الاولي والكربون العضوي (OC) تم تطوير معيار أوروبي: EN 16909:2017: الهواء المحيط - قياس الكربون الأولي (EC) والكربون العضوي (OC) الذي يتم جمعه على المرشحات.

5. تنظيف الشوارع في تلك المناطق الحضرية التي تتميز بكثافة سكانية عالية نسبيًا وانخفاض هطول الأمطار لمنع إعادة تعليق الدقائق بواسطة الحركة المرورية كإجراء قصير المدى بعد موجات العواصف الترابية والرملية الشديدة ذات معدلات الترسب العالية للغبار. يمكن أن يتم التنظيف بالغسل و/أو الكنس. في الحالة الاولى، يجب استخدام المياه الجوفية غير الصالحة للشرب من نظام تصريف مترو الأنفاق أو المياه المعالجة(Querol et al. 2019). على أية حال، هذا الإجراء غير ممكن في العديد من البلدان بسبب شُحّ المياه، في مثل هذه الحالات يمكن أن يكون تقليل بعض المصادر الحضرية المحلية للغبار مثل أنشطة البناء والهدم تدخلاً بديلاً أفضل.

قبل التخطيط لتنظيف الشوارع، يجب على السلطات المحلية:

- تقييم حجم المشكلة؛
- تقييم إحصاءات هطول الأمطار؛
- اختيار الشوارع الأكثر تأثراً بغبار العاصفة؛
- التأكد من معدل تراكم الرواسب؛ و
- تحديد طريقة التنظيف الأكثر فعالية (مثل التردد والتوقيت وخصائص آلة التنظيف).

6. تحديد المصادر لرصد مساهمات غبار الصحراء

5.2. نظرة عامة على التقنيات العامة لتحديد المصادر

يستعرض تقرير حديث صادر عن مركز الأبحاث المشتركة (JRC) التابع للمفوضية الأوروبية طرق تحديد المصادر الأكثر استخدامًا لإدارة جودة الهواء، ويقدم التقرير أساسا نظريا لذلك (European Commission – Joint Research Centre 2020).
يقدم التقرير التعريف التالي:

«تحديد المصدر هو تقنية مستخدمة لربط الانبعاثات من مصادر التلوث المختلفة بتراكيز تلوث الهواء في موقع معين ولفترة زمنية معينة»

هناك ثلاثة أنواع عامة من النتائج لتحديد المصادر موصوفة في الدليل:

- التأثيرات المحتملة (التغيرات في التركيزات بسبب التغيرات في الانبعاثات)
- المساهمات (من المصادر الفردية لمستويات التركيز عند نقطة معينة)
- الزيادات

يمكن الجمع بين هذه الطرق. على سبيل المثال، بالنسبة لخطط جودة الهواء، يمكن تحديد المكونات الحضرية والإقليمية من خلال الزيادات، مع حساب التأثيرات المحتملة في الخطوة التالية لتمييز وتحديد كمية الأصول القطاعية للتلوث.

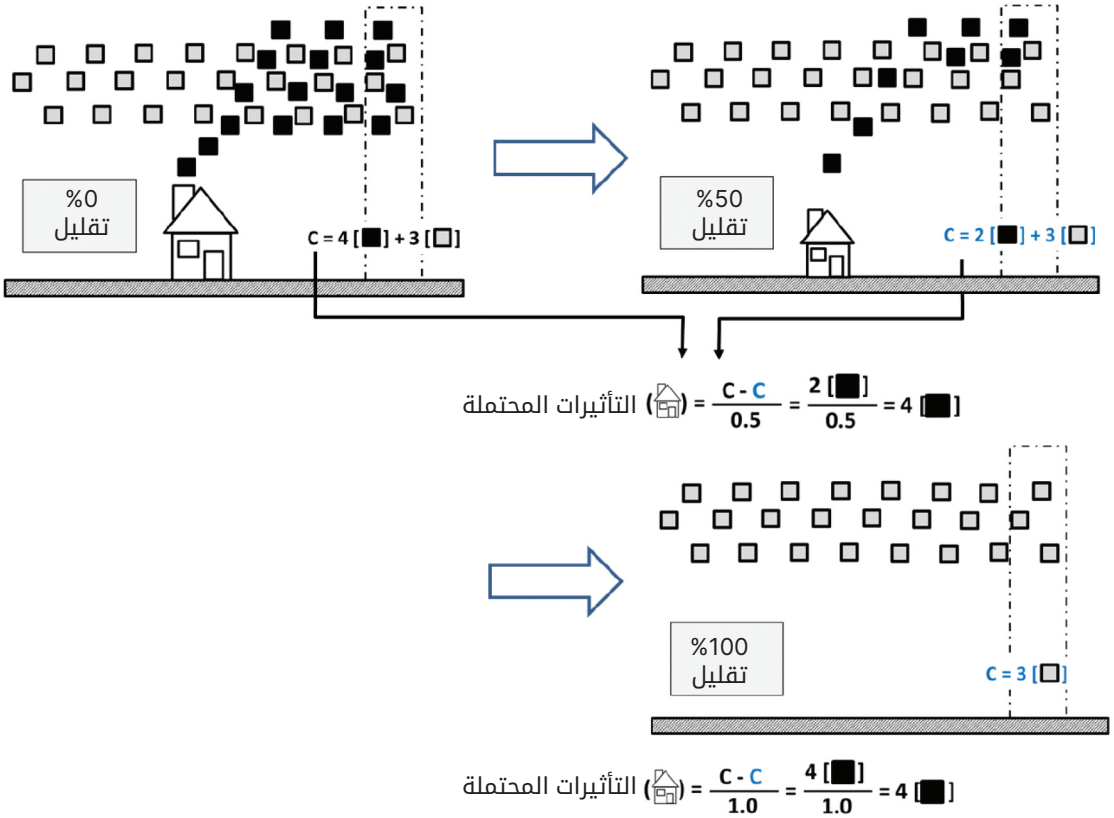
6.1.1. التأثيرات المحتملة

تصف تقارير مركز الأبحاث المشتركة التأثيرات كتغييرات في التركيز ناتجة عن تغيرات في الانبعاثات.

«تتوافق **التأثيرات المحتملة** مع كتلة الملوثات التي تم الحصول عليها عن طريق التمايز بين نموذجي محاكاة لجودة الهواء (AQM) يتم إجراؤها باستخدام مصدر الانبعاث الكامل ومصدر الانبعاث المنخفض والذي تم قياسه بواسطة عامل تقليل الانبعاثات (يتراوح من 0 إلى 1)».

يتم حساب التأثيرات بشكل أفضل باستخدام النماذج والتي يمكن أن تكون من أنواع مختلفة: نماذج Gaussian أو Lagrangian أو Eulerian أو نماذج مستقبلات المصدر المبسطة بناءً على أي منها.

يوضح **الشكل 20** مثالًا مبسطًا لمثل هذه الحسابات. تتوافق التأثيرات المحتملة مع تغير الكتلة (المتوقع أن يصل إلى 100٪) الذي ينتج عن تقليل أو إزالة مصدر الانبعاث، أي الفرق بين تراكيز اتجاه الريح مع انبعاثات المصدر وبدونها، مقاسة بنسبة التخفيض المئوية (أربعة مربعات سوداء في المثال). باستخدام هذا التمثيل، يمكن حساب تراكيز الملوثات عن طريق جمعها في حجم معين من الهواء في موقع مستقبل معين (مثال، مستطيل الخطوط المتقطعة).



الشكل 20: تختلط الانبعاثات السكنية (المربعات السوداء) مع قيم تلوث الخلفية (المربعات الرمادية) وتؤدي إلى هبوب تركيز معين من المصدر (المستطيل المتقطع الأيمن). وعندما يتم تقليل المصدر بنسبة 50٪ (أعلى اليمين)، يظل اثنان من المربعات السوداء الأربعة في الخلفية لإجراء تقليل ملحوظ، تظل الخلفية فقط (أسفل اليمين). تُستخدم المربعات لتمثيل المطروح المنمذج. لاحظ أنه في هذا الشكل، يمثل كل رمز (دائرة أو مربع) الى وحدة كتلة قد تأتي من الخلفية أو قد تنبعث من مصدر (European Commission – Joint Research Centre 2020).

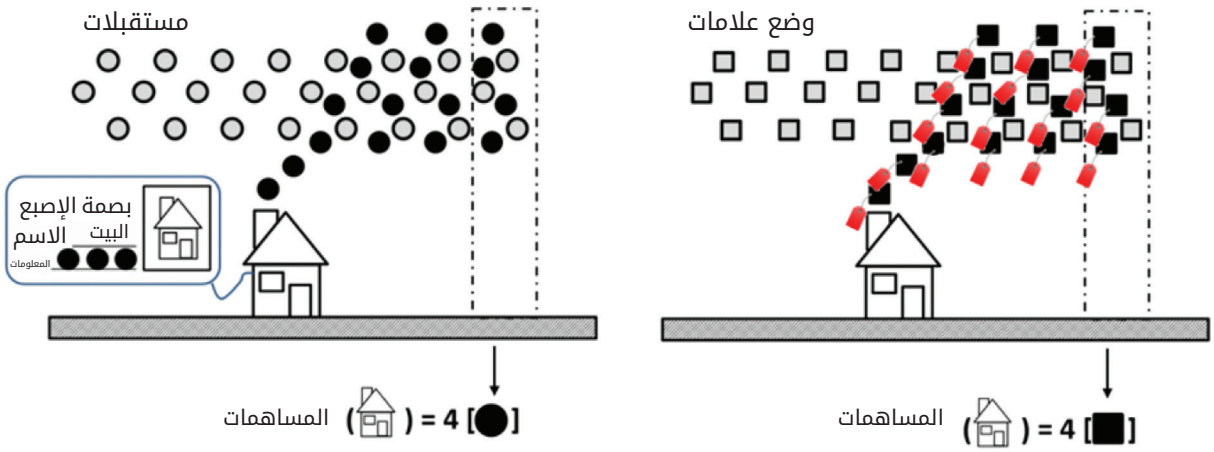
6.1.2. المساهمات

يقدم تقرير مركز الأبحاث المشتركة التعريف التالي:

«تتوافق المساهمات مع كتلة الملوث المنقولة من مصادر الانبعاث إلى التراكيز المحيطة».

يعتمد تقييم المساهمات على القياسات (عبر نماذج المستقبلات الموجهة) أو من نتائج النموذج بمساعدة النماذج الموجهة نحو المصدر باستخدام خوارزمية توضيحية.

يوضح **الشكل 21** مثالاً للمساهمات التي تم الحصول عليها من خلال التعرف على التركيز المحمول بالرياح (عبر بصمات انبعاث المصدر المحددة مسبقًا) للملوث المنبعث من المصدر **(الصورة اليسرى)** أو عن طريق وضع علامات على سلائف الانبعاث **(الصورة اليمنى)**. يؤدي كلا الخيارين إلى أربعة رموز سوداء في المثال.



الشكل 21: تختلط الانبعاثات السكنية (الرموز السوداء) مع تلوث الخلفية (الرموز الرمادية) وتؤدي إلى تركيز ملوث معين في اتجاه رياح المصدر (مستطيل متقطع). تُستخدم رموز الدائرة والمربع للتمييز بين القياس- من الأساليب القائمة على النمذجة (European Commission – Joint Research Centre 2020).

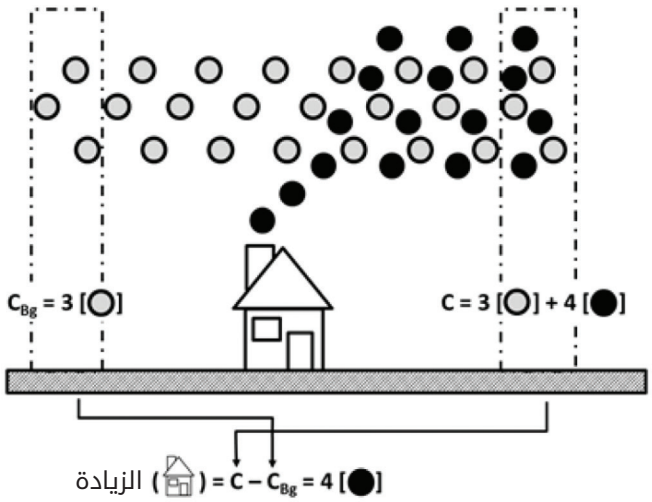
6.1.3. الزيادات

يقدم تقرير مركز البحوث المشتركة التعريف التالي:

«تستند الزيادات إلى التدرجات المكانية للتركيز ويتم حسابها على أنها الفرق في التركيز بين موقعين محددين (أحدهما يتأثر بالمصدر والآخر لا يتأثر)».

تستخدم هذه الطريقة بشكل أساسي لتوزيع مصادر مكونات الجسيمات. وتعتمد على القياسات في مواقع مختلفة.

يوضح **الشكل 22** مثالاً لكيفية الحصول على الزيادات عن طريق طرح تركيز الخلفية CBg، (المستطيل المتقطع الأيسر) من التركيز C في اتجاه رياح المصدر، أي أربع دوائر سوداء في المثال.



الشكل 22: تختلط الانبعاثات السكنية (الدوائر السوداء) مع تلوث الخلفية (الدوائر الرمادية) وتؤدي إلى تركيز ملوث معين في اتجاه رياح المصدر (مستطيل متقطع يمينًا). تُستخدم الدوائر كرموز في هذا الشكل لأن الزيادات تعتمد في الغالب على القياسات (European Commission – Joint Research Centre 2020).

حجب المساهمات من المصادر الطبيعية

6.2.1. تشريعات الاتحاد الأوروبي

عندما تكون التجاوزات ناتجة عن مصادر طبيعية (المادة 20 من AAQD) ويتم الوصول إلى الالتزام بعد حجب مساهمة هذه المصادر، لا يتعين على الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي وضع خطط لجودة الهواء، حيث نشرت المفوضية الأوروبية[26] مبادئ توجيهية تتعلق بذلك.

وفقًا لهذه التوجيهات، فإن هناك عدداً من المبادئ الأساسية التي يجب الوفاء بها للسماح بهذا الحجب. من المهم عند التفكير في الغبار الصحراوي (يمكن أن يؤثر الغبار الناشئ من الصحراء على جودة الهواء خاصة عبر الأجزاء الجنوبية من الاتحاد الأوروبي) هو كيف تميز المبادئ التوجيهية الرياح المحملة بالغبار من أصل طبيعي عن ذلك الناتج عن الأنشطة الزراعية:

«وبالتالي، يتعين على الدول الأعضاء توخي الحذر الشديد في تحديد الأصل الطبيعي الحقيقي عند تقييم هذه المساهمة. يجب اعتبار الجسيمات التي يتم إعادة تعليقها مباشرة من خلال الأنشطة الزراعية أو التي تنشأ من حقل زراعي (مثل الحقل المحروث) على أنها تشكلت من تفاعل الأنشطة الطبيعية مع الأنشطة البشرية ولا تعتبر مؤهلة للحجب».

6.2.2. مساهمات الغبار الصحراوي

تقترح المبادئ التوجيهية الإجراء التالي لحجب الغبار الصحراوي من المتوسط اليومي لتراكيز PM_{10} الاعلى من 50 ميكروغرام/متر مكعب. يمكن للدول الأعضاء أيضًا استخدام طريقة مختلفة إذا تم التحقق من صحتها وتوثيقها.

يعتمد هذا الإجراء على طريقة تم تطويرها في إسبانيا والبرتغال للتطبيق في كلا البلدين (Escudero et al. 2007; Pey Betrán et al. 2008). يمكن تلخيص هذه الطريقة بالخطوات التالية:

التعرف على نوبات عواصف الغبار الصحراوية

للتعرف على حدوث نوبات الغبار الصحراوية ومدتها، يجب اتباع الخطوات التالية:

- تفسير حالات الأرصاد الجوية اليومية مع مسارات خلفية مدتها خمسة أيام للكتل الهوائية اليومية المحسوبة عند 12 ساعة، لمسافة 750 متـرًا و 1500 متـرًا و 2500 متـرًا فـوق مستوى سـطح البحـر مثـل تلـك التـي تـم الحصـول عليهـا باسـتخدام المسار الهجين أحادي الجسيمات للاغرانج[27] (HYSPLIT) بما في ذلك السرعة العمودية النموذجية. يجب التحقق من صحة الاستنتاجات المستخلصة من تحليل المسارات الخلفية من خلال فحص مخططات الأرصاد الجوية السينوبتيكية، مثل تلك المتوفرة في ECMWF[28].

[26] https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/sec_2011_0208.pdf
[27] https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php
[28] https://www.ecmwf.int/

- الاستعانة بالخرائط التي تبين مؤشر الأيروسول الجوي لجهاز مراقبة الأوزون (OMI)[29] من الجدير بالذكر أن مؤشر OMI لا يكتشف العواصف الصحراوية التي تحدث على مستوى السطح، وبالتالي يُنصح أيضًا بالتحقق من صور الأقمار الصناعية اليومية حيث يكون هذا النوع من العواصف مرئيًا بوضوح.

- الاستعانة بالنتائج اليومية لنماذج الايروسول الجوي مثل SKIRON[30] و BSC[31] و Copernicus[32] و ZAMG[33] و NAAPs[34].

- ينبغي الرجوع إلى المعلومات المتعلقة بمستويات المواد الجسيمية المقاسة في الوقت الفعلي في المحطات الإقليمية/المحلية إن وجدت. قد تشير الزيادة السريعة لمستويات PM_{10} في الشبكة وفي محطات إقليمية معينة إلى حدوث عاصفة غبار والتي تتطلب نشاطا محددا إضافيا لتحديد الحدث وتقديره كمياً. إن بيانات محطات القياس (غير المجهزة بأدوات الوقت الفعلي ولكن مرشحات لأخذ عينات الجسيمات) يجب ان تؤخذ في مرحلة نهائية جنبًا إلى جنب مع القياسات المُصححة في الوقت الفعلي للتحقق من صحة النتائج. ستعطي هذه الخطوات جداول تحتوي على تجميع لمستويات المواد الجسيمية المسجلة في المحطات الإقليمية، مع الإشارة إلى الأيام والمناطق التي بها مساهمات غبار الصحراء.

قياس اندلاع حوادث الغبار الصحراوي

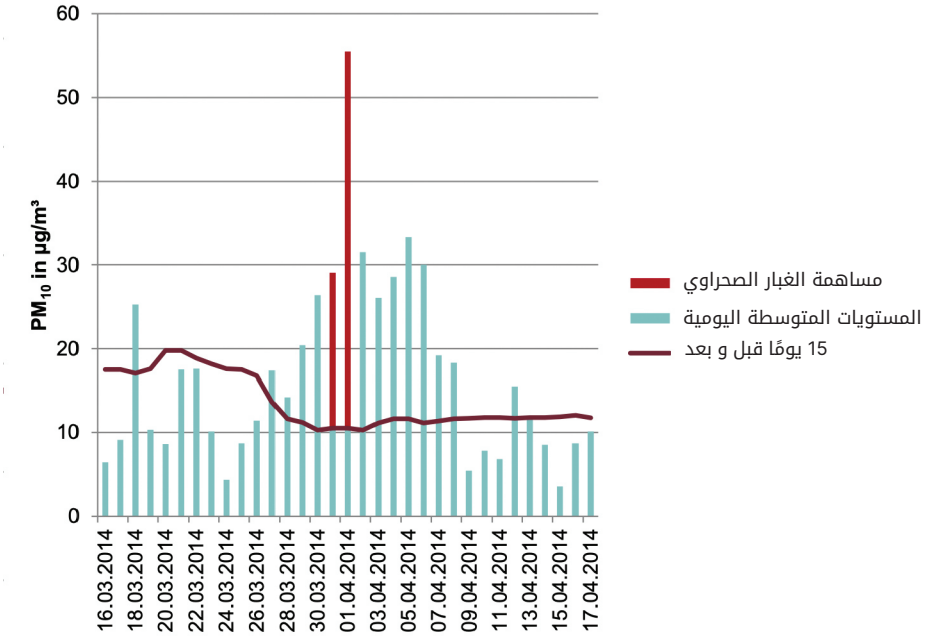
تم تطوير طريقة قياس مساهمات الغبار الصحراوي لشبه الجزيرة الأيبيرية (Escudero et al. 2007; Pey Betrán et al. 2008) لم يتم التحقق من صحة استخدام هذا المؤشر في بلدان أخرى ولا يوجد دليل بشأن دقته.

- ولتقدير جزء مستويات الخلفية الإقليمية للجسيمات الدقيقة التي لا تُعزى إلى اندلاع الغبار الصحراوي للأيام ذات التأثير الصحراوي المحدد، في كل سلسلة زمنية للمحطة ذات الخلفية الإقليمية المناظرة، يتم تحديد النسبة المئوية الأربعين الشهرية المتحركة لكل يوم باستثناء أيام التأثير الصحراوي. يتم طرح القيمة المناظرة لهذه النسبة المئوية الأربعين المحسوبة من المتوسط اليومي لـPM_{10} المحدد في محطة الخلفية الإقليمية لكل يوم يتأثر بمساهمة الصحراء.

في حالة عدم وجود دراسات مختصة تحدد مؤشرًا إحصائيًا يمثل بشكل أفضل تركيز خلفية PM_{10}، فإن استخدام مؤشر أكثر تحفظًا - مثل متوسط تركيز PM_{10} المسجل خلال 15 يومًا قبل و15 يومًا بعد حادثة اندلاع الغبار التي تم تحليلها باستثناء أيام الحادثة المحددة، أو النسبة المئوية الخمسين المتحركة لمدة 30 يومًا - يكون أكثر تفضيلا.

[29] http://www.temis.nl/airpollution/absaai/
[30] https://forecast.uoa.gr/en/forecast-maps/dust/europe
[31] https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-forecasts/forecast-comparison
[32] https://atmosphere.copernicus.eu/
[33] https://www.zamg.ac.at/cms/de/umwelt/luftqualitaetsvorhersagen/schadstofftransport/?imgtype=0
[34] https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/

من خلال هذه الطريقة، يتم طرح القيمة المئوية الاربعين أو متوسط القيمة لمدة 30 يومًا من مجمل مستويات PM_{10} المسجلة خلال يوم «الصحراء» في محطة الخلفية الإقليمية ذات الصلة. يتم الحصول على صافي حمل الغبار اليومي من PM_{10} **(الشكل 23)**. تضاف القيم اليومية لحمل الغبار الصافي من PM_{10} والمسجلة في المحطات الخلفية الإقليمية إلى الجداول المذكورة سابقًا للأيام المتزامنة مع حوادث PM_{10} الصحراوية.



الشكل 23: مثال لحساب مساهمة الغبار الصحراوي («صافي حمل الغبار اليومي») في المستويات المتوسطة اليومية للجسيمات PM_{10} المصدر: الوكالة النمساوية للبيئة Umweltbundesamt

المراجع

Bourguignon, Didier (2018). Air quality. Pollution sources and impacts, EU legislation and international agreements. Study. Brussels: EPRS.

Escudero, M., Querol, X., Pey, J., Alastuey, A., Pérez, N., Ferreira, F. et al. (2007). A methodology for the quantification of the net African dust load in air quality monitoring networks. In Atmospheric Environment 41 (26), 5516–5524. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.04.047.

European Commission – Joint Research Centre (2020). Source apportionment to support air quality management practices. A fitness-for-purpose guide (V 3.1). JRC Technical Report JRC120764. With assistance of P. Thunis, A. Clappier, G. Pirovano.

European Parliament and the Council of the European Union (2004). Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. 4th Daughter Directive. In Official Journal of the European Union (OJ L 23/3), 3–16. Available online at http://data.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj.

European Parliament and the Council of the European Union (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Ambient Air Quality Directive (AAQD). In Official Journal of the European Union (OJ L 152). Available online at http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj.

IPCC (2021): Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge University Press. Available online at https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/.

Karamfilova, E. (2021). EU policy on air quality: Implementation of selected EU legislation. European Implementation Assessment. Available online at http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/654216/EPRS_STU(2021)654216_EN.pdf.

Kutlar Joss, Meltem, Eeftens, Marloes, Gintowt, Emily, Kappeler, Ron, Künzli, Nino (2017). Time to harmonize national ambient air quality standards. In International journal of public health 62 (4), 453–462. DOI: 10.1007/s00038-017-0952-y.

Pey Betrán, Jorge, Alastuey, Andrés, Querol Carceller, Xavier; Mata i Perelló, Josep M. (2008). Caracterización fisico-química de los aerosoles atmosféricos en el mediterráneo occidental. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Querol, X., Pérez, N., Reche, C., Ealo, M., Ripoll, A., Tur, J. et al. (2019). African dust and air quality over Spain: Is it only dust that matters? In The Science of the total environment 686, 737–752. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.349.

Schneider, J., Nagl, C.; Read, B. (2014). EU Air Quality Policy and WHO Guideline Values for Health. Study for the ENVI Committee. European Parliament Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Brussels (Study, PE 536.285). Available online at https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL_STU(2014)536285.

State of Qatar - Ministry of Development Planning and Statistics (2014). Environment Statistics Annual Report 2013. Edited by Ministry of Development Planning and Statistics. Qatar. Available online at https://www.psa.gov.qa/en/knowledge/Publications/Environment/Env_Environmental_Statistic_Report_En_2013.pdf.

UNEP (2008). Atmospheric Brown Clouds: Regional Assessment Report with Focus on Asia. Summary. With assistance of Ramanathan, V., M. Agrawal, H. Akimoto, M. Aufhammer, S. Devotta, L. Emberson, S.I. Hasnain. Edited by United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi Kenya.

UNEP, WMO (2011). Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Summary for Decision Makers. United Nations Environment Programme (UNEP); World Meteorological Organization (WMO). Available online at https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8028.

WHO (2016). Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. WHO. Geneva. Available online at https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/.

WHO (2021). WHO global air quality guidelines. Particulate matter ($PM_{2.5}$ and PM_{10}), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva. Available online at https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329.

WHO Regional Office for Europe (1987). Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, Albany, NY: World Health Organization, Regional Office for Europe; WHO Publications Center USA [distributor] (WHO regional publications. European series, no. 23).
Available online at https://apps.who.int/iris/handle/10665/107364.

WHO Regional Office for Europe (1998). Guidance for setting air quality standards. Report on a WHO Working Group. EUR/ICP/EHPM 02 01 02. World Health Organization, Regional Office for Europe. Copenhagen (E59641). Available online at https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/118575/E59641.pdf.

WHO Regional Office for Europe (2000). Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. Copenhagen. Available online at https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335.

WHO Regional Office for Europe (2006). Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Copenhagen. Available online at https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823.

WHO Regional Office for Europe (2012). Health effects of black carbon. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe. Available online at https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon-2012.

WHO Regional Office for Europe (2013a). Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization, Regional Office for Europe. Available online at https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/health-risks-of-air-pollution-in-europe-hrapie-project.-recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.

WHO Regional Office for Europe (2013b). Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project. Technical report. World Health Organization, Regional Office for Europe. Copenhagen. Available online at https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report.