الهواء السامّ: الثمن الحقيقي للوقود الأحفوري

يونيو/ حزيران 2020

GREENPEACE
غرينبيس

المحتوى

مُلخَّص تنفيذي **2**

1.0 مقدّمة **3**
1.1 تلوّث الهواء: لمحة عامة 3
1.1.1 ما هي أبرز ملوّثات الهواء؟ 3
1.1.2 ما هي مصادر تلوّث الهواء؟ 4
مصادر طبيعية 4
مصادر من صُنع الإنسان 4
الملوّثات الأساسية والثانوية 4
1.2 تلوّث الهواء من احتراق الوقود الأحفوري 4
1.3 تلوّث الهواء وآثارهم على الصحّة وكلفته 4
1.4 تلوّث الهواء والمناخ 5

2.0 الكلفة الاقتصادية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري **6**
2.1 المقدّمة 6
2.2 الآثار الصحّية والتكاليف 7
2.2.1 الصحّة 7
2.2.2 الكلفة الاقتصادية 10
2.3 أمثلة إقليمية عن كلفة تلوّث الهواء 11
2.3.1 الصّحة 11
2.3.2 الكلفة الاقتصادية 15

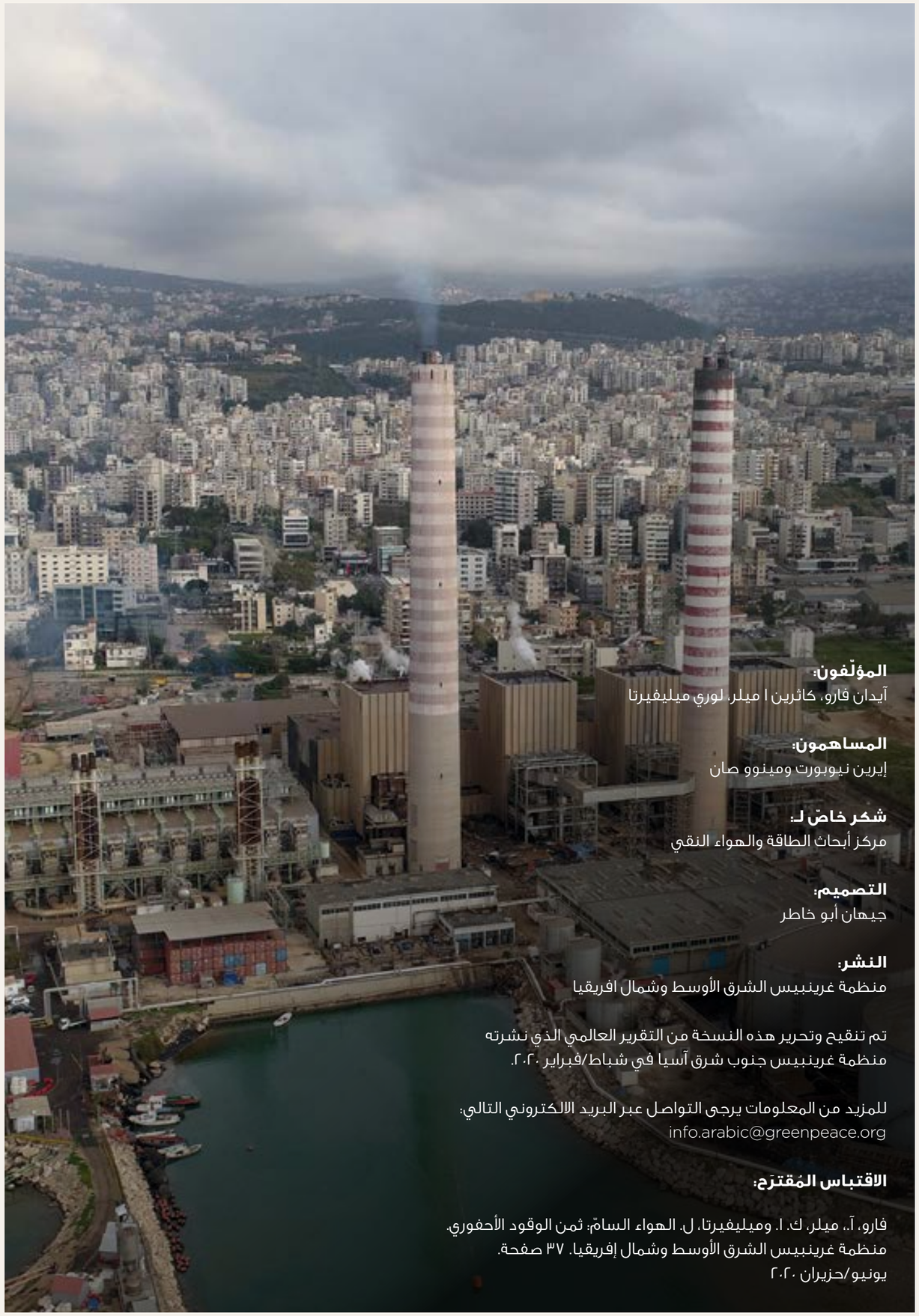
3.0 ما الذي يمكن القيام به لمعالجة التلوّث الناجم عن الإنسان؟ **18**
3.1 دراسة الحالة الأولى: التحوّل إلى النقل المستدام 18
3.2 دراسة الحالة الثانية: توليد الكهرباء من الطاقة المتجدّدة بدلًا من الوقود الأحفوري 20

4.0 الخلاصة **22**
4.1 التكاليف 22
4.2 النقل 22
4.3 الطاقة 22

قائمة المصطلحات **23**

الملحق 1: المنهجية **25**
وفاة الأطفال الصغار جرّاء الإصابة بعدوى في الجهاز التنفّسي السفلي 25
مرض السكّري والربو والأمراض التنفّسية المزمنة الأخرى وحالات العجز الناجمة عن السكتة الدماغية 25
الولادات المبكرة 26
الغياب عن العمل 26

الملحق 2: موجز البيانات المتعلّقة بالكلفة ومعدل الوفيات **27**



المؤلّفون:
آيدان فارو، كاثرين ا ميلر، لوري ميليفيرتا

المساهمون:
إيرين نيوبورت ومينوو صان

شكر خاصّ لـ:
مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي

التصميم:
جيهان أبو خاطر

النشر:
منظمة غرينبيس الشرق الأوسط وشمال افريقيا

تم تنقيح وتحرير هذه النسخة من التقرير العالمي الذي نشرته منظمة غرينبيس جنوب شرق آسيا في شباط/فبراير ٢٠٢٠.

للمزيد من المعلومات يرجى التواصل عبر البريد الالكتروني التالي:
info.arabic@greenpeace.org

الاقتباس المُقترَح:

فارو، آ.، ميلر، ك. ا. وميليفيرتا، ل. الهواء السامّ: ثمن الوقود الأحفوري.
منظمة غرينبيس الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. ٣٧ صفحة.
يونيو/حزيران ٢٠٢٠

مُلخَّص تنفيذي

يكشف هذا التقرير كلفة تلوّث الهواء من الوقود الأحفوري ويُسلِّط الضوء على الحلول التي من شأنها أن تحمي صحّتنا وتعود بالفائدة على مجتمعاتنا. يُفيد التقرير بأنّ نحو 4,5 مليون وفاة مبكرة تُعزى إلى تلوّث الهواء الناجم عن حرق الوقود الأحفوري سنويًا حول العالم. ويزيد تلوّث الهواء من الإصابة بالأمراض المزمنة والحادّة كما يؤدّي إلى ملايين الزيارات إلى المستشفيات ومليارات التغيّبات عن العمل بسبب المرض كلّ سنة، ناهيك عن الأضرار التي يُلحقها بالإقتصاد والبيئة.

للمرّة الأولى، قامت منظّمة "غرينبيس" جنوب شرق آسيا ومركز أبحاث الطاقة والهواء النقي بتقدير الكلفة العالمية لتلوّث الهواء من الوقود الأحفوري، ليتبيَّن أنّها تُقدَّر بـ8 مليارات دولار أميركي في اليوم الواحد، أي 3,3% من إجمالي الناتج المحلّي العالمي. وفيما تُواصِل شركات الفحم والنفط والسيّارات اعتماد التقنيات القديمة، تدفع صحّتنا ومجتمعاتنا الثمن.

تعكس الكلفة الاقتصادية لتلوّث الهواء تركيزات التلوّث، وحجم السكّان، وتوفّر الرعاية الصحّية وكلفتها. ولقد وجدنا أنَّ الصين والولايات المتّحدة والهند تتكبَّد الكلفة الأعلى من تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري على صعيد العالم، بمبالغ تُقدَّر بـ900 مليار دولار و600 مليار دولار و150 مليار دولار في السنة، تباعًا. أمّا بالنسبة إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فمصر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتّحدة هي البلدان التي تتكبَّد الفاتورة الأعلى من تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري بقيمة تُقدَّر بـ6,9 مليار دولار، و6 مليارات دولار و5,9 مليار دولار في السنة، تباعًا.

بحسب تقديراتنا، فإنّ التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة (PM2.5) والأوزون المنبعث من الوقود الأحفوري يؤدّي إلى 7,7 مليون زيارة لها علاقة بالربو إلى قسم الطوارئ كلّ سنة حول العالم، وتستأثر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وحدها بـ550 ألف حالة من تلك الحالات. ويؤدّي التعرّض إلى المواد الجُسيمية الناجمة عن الوقود الأحفوري دون سواها إلى قرابة 1,8 مليار نهار من الإجازات المرضية سنويًا، مع 40 مليونًا منها في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

أمّا في دول منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فيُقدّر عدد الوفيات المبكرة سنويًا بحوالى 65.000 حالة جرّاء تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري. فيما سجلت مصر ولبنان وسوريا أعلى معدل من الوفيات المبكرة المقدرة سنوياً لأسباب تعزى مباشرة إلى تلوث الهواء الناجم عن استهلاك الوقود ألحفوري.

يُشكّل تلوّث الهواء خطرًا داهمًا على صحّة الأطفال، وتحديدًا في البلدان ذات الدخل المنخفض. تُشير الأرقام إلى أنّ نحو 40 ألف طفل حول العالم يفارقون الحياة قبل بلوغ الخامسة من العمر جرّاء التعرّض للمواد الجُسيمية المنبعثة من الوقود الأحفوري. ويُقدَّر عدد هؤلاء الأطفال في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بـ865 طفلًا. وتَبيَّنَ أيضًا أنّ تلوّث الهواء جرّاء المواد الجُسيمية الناجمة عن الوقود الأحفوري يتسبّب بنحو مليونَيْ ولادة مُبكرة كلّ سنة.

ومع أنّ تلوّث الهواء السامّ يُشكّل خطرًا عالميًا، إلا أنّ الحلول تتوفّر أكثر فأكثر فيما كلفتها تُصبح قريبة من المتناول. كما أنّ العديد من الحلول لتلوّث الهواء بسبب الوقود الأحفوري هي أيضًا حلول من شأنها معالجة تغيّر المناخ. فالطاقة المتجدّدة ووسائل النقل التي لا تُصدِر انبعاثات كربونية لا تُساهِم فقط في الحدّ بشكل ملحوظ من الملوّثات السامّة مثل المواد الجُسيمية وأكاسيد النتروجين والأوزون، بل تُساعِد أيضًا في حماية الغلاف الجوّي من غازات الاحتباس الحراري التي تُسبّب تغيّر المناخ.

لا يؤدّي التخلّص تدريجيًا من البنى التحتية القديمة التي تقوم على الفحم والنفط والغاز إلى تجنّب أسوء آثار تغيّر المناخ حول العالم فحسب، بل يحمل مزايا صحّية كبيرة جرّاء ما يترتّب عليه من تراجُع في تلوّث الهواء. أظهرت الأبحاث أنّ إقفال محطّات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم من شأنه أن يُحقّق فوائد صحّية تفوق قيمة الكهرباء المولّدة[1]. وبحسب دراسة نشرتها مجلّة "وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم" (Proceedings of the National Academy of Sciences)، فإنَّ التخلّص التدريجي من الوقود الأحفوري على نطاق واسع والاستثمار في مصادر الطاقة النظيفة قد يحدّ من الوفيات المبكرة الناجمة عن تلوّث الهواء حول العالم بقرابة الثُلثَين[2].

بالإضافة إلى ذلك، يُعَدّ الانتقال إلى وسائل النقل الميسورة التكلفة والمُحايِدة من حيث الأثر الكربوني أساسيًا لضمان مُدُن صحّية. أنظمة النقل العام الفعّالة والبنى التحتية المناسبة المخصّصة للمشاة وراكبي الدرّاجات تؤمّن سهولة التنقّل، وتحدّ من تلوّث الهواء وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وترتبط بتراجع معدّلات أمراض القلب والأوعية الدموية والسرطان والبدانة والسكّري والأمراض العقلية والأمراض التنفّسية[3].

من أهمّ السُبُل التي تستطيع الحكومات اعتمادها لتحفيز وسائل النقل المستدامة تحديد تاريخ للتخلّص تدريجيًا من السيّارات التي تعمل بالديزل والغاز والبترول، وطرح وسائل معقولة وميسورة الكلفة للنقل العام، مع إنشاء بنى تحتية آمنة للتنقُّل سيرًا على الأقدام وعلى الدرّاجات. فلا بدّ لنا من الابتعاد عن اعتماد السيّارات الخاصّة كوسيلة نقل أساسية، ومن شأن مبادرات مثل "الأيّام بلا سيّارات" أن تُعطينا فكرة عن صورة مُدننا من دون زحمة سير وتلوّث.

ومن الضروري الانتقال إلى الطاقة المتجدّدة لتجنّب تغيّر المناخ الكارثيّ ولحماية صحّتنا. ففي حين تُواصِل شركات الوقود الأحفوري تسويق التقنيات القديمة، تدفعُ مجتمعاتنا ثمن ذلك. إنَّ الانتقال العادل إلى الطاقة المتجدّدة ليسَ بالأمر المستحيل، لكنَّ الوقت يُداهمنا.

1.0 مقدّمة

يدرس هذا التقرير بعنوان "الهواء السامّ: ثمن الوقود الأحفوري" آثار تلوّث الهواء الناجم عن الحرق المتواصل للوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز على الصحّة العالمية وكلفته الاقتصادية. انطلاقًا من بياناتٍ نُشِرت عام 2019 – بما في ذلك الدراسة الأولى لتقييم مساهمة الوقود الأحفوري في تلوّث الهواء وتأثيره على الصحّة عالميًا[4]- يقدّم التقرير تقييمًا عالميًا لأثر تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري على الصحّة عام 2018 إلى جانب تقديرات هي الأولى من نوعها للكلفة الاقتصادية المترتّبة على هذا التلوّث. وتُظهِر دراسات الحالات المتعلّقة بالنقل وتوليد الطاقة أنّ الحدّ من تلوّث الهواء مُمكن وعمليّ وفعّال من حيث التكلفة.

يستعين هذا التقرير بأحدث الأدلّة والبيانات حول مستويات التلوّث والآثار الصحّية والخصائص الديموغرافية لقياس آثار تلوّث الهواء على الصعيدَيْن العالمي والإقليمي. ينطوي التحليل على تقدير الكلفة المالية للعبء الصحّي على الاقتصاد العالمي. ويستعين التقرير أيضًا بدراسات حالات لمناقشة كيف سيُساهِم التخلّص التدريجي من الوقود الأحفوري في الحدّ من آثار تغيّر المناخ ومكافحة بعض المشاكل الصحّية الأكثر إلحاحًا على صعيد العالم[5].

1.1 تلوّث الهواء: لمحة عامة

يُركّز تقرير "الهواء السامّ: ثمن الوقود الأحفوري" بشكل أساسي على أثر تلوّث الهواء الناجم عن حرق الوقود الأحفوري على صحّة الإنسان وما يترتّب على ذلك من تكاليف مالية. تقتصر الدراسة على الملوّثات، أي المواد الجُسيمية ($PM_{2.5}$) والأوزون (O_3) وثاني أكسيد النيتروجين (NO_2)، والتلوّث الناجم عن احتراق الوقود الأحفوري فقط.

1.1.1 ما هي أبرز ملوّثات الهواء؟

يدرس هذا التقرير أثر تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري فقط، ويُركّز حصرًا على الملوّثات التي اتّضح ارتباطها بالآثار الصحّية. يتناول التقرير الملوّثات التالية:

•**أكاسيد النيتروجين**: عند احتراق الوقود الأحفوري في الهواء، تنبعث أكاسيد النيتروجين (أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين، ويُشار إليهما بأكاسيد النيتروجين) من جزيئات النيتروجين في الهواء وفي الوقود المحترق. تتفاعل أكاسيد النتروجين، إلى جانب ثاني أكسيد الكبريت الذي ينبعث أيضًا عند احتراق الوقود الأحفوري، مع الماء لتُشكِّل المطر الحمضي والثلج الحمضي والضباب الحمضي، كما تتفاعل مع مواد أخرى لتُشكّل المواد الجُسيمية (انظر القسم 1.1.1) والضباب. ومن الآثار الصحّية المترتّبة على التعرّض لأكاسيد النيتروجين نذكر أمراض القلب والأوعية الدموية، وأعراض الربو المتفاقمة، والانسداد الرئوي المزمن، وغيرها من الأمراض التنفّسية[6,7]. ومن المعروف أنّ المطر الحمضي يُضِرّ بالنباتات والحيوانات.

•**الأوزون:** يتواجد الأوزون في طبقة الغلاف الجوّي العليا، وهي إحدى الطبقات التي تحمي سطح الأرض من أشعّة الشمس ما فوق البنفسجية، لكنّ الأوزون يتكوّن أيضًا بالقرب من مستوى سطح الأرض، حيث يُعَدّ ملوّثًا هوائيًا يُسبِّب الضباب الدخاني. يتشكّل الأوزون على مستوى الأرض عند تفاعل ملوّثات أكاسيد النيتروجين مع مواد كيميائية تُعرَف بالمركّبات العضوية المتطايرة. يتسبّب تلوّث الأوزون بمشاكل صحّية حادّة، تشمل آلام الصدر والتهاب الحلق والتهاب المجاري الهوائية. وقد يؤدّي الأوزون أيضًا إلى ضعف عمل الرئة وزيادة أعراض التهاب الشعب الهوائية والانتفاخ الرئوي والربو[8]. كما أنّه يُضِرّ المزروعات والمحاصيل.

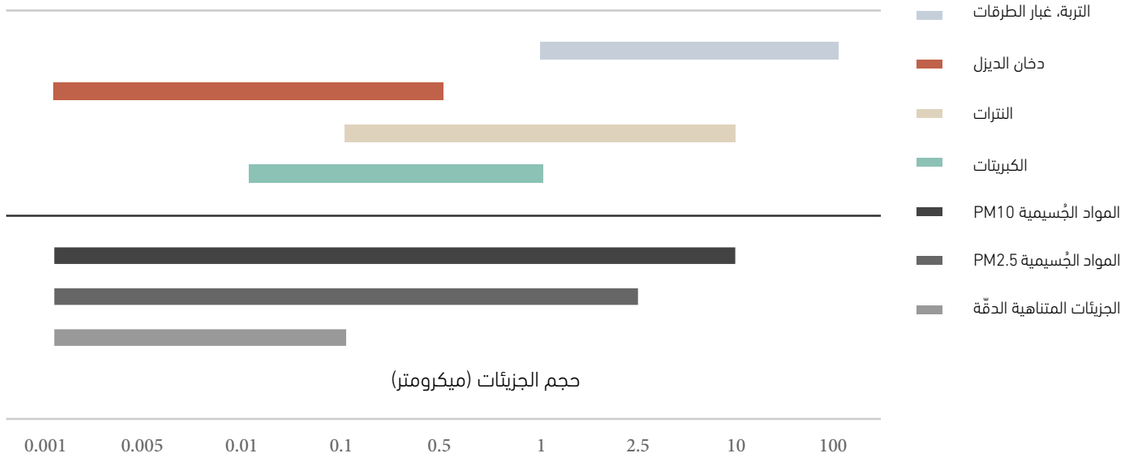
•**المواد الجُسيمية:** يُستخدَم مصطلح المواد الجُسيمية لوصف الجُسيمات المتناهية الدقّة والقطرات السائلة في الجوّ. في ما يخصّ التعرّض للمواد الجُسيمية، تُفيد منظّمة الصحّة العالمية بأنّه "لا يوجد دليل حول مستوى آمن من التعرّض أو عتبة لتجنّب الآثار السلبية على الصحّة"[9]. قد تكون هذه الجُسيمات مزيجًا من مركّبات كيميائية مختلفة، وتُصنَّف وفقًا لحجمها: المواد الجُسيمية من فئة 10؛ والمواد الجُسيمية من فئة 2.5؛ والمواد الجُسيمية المتناهية الدقّة (الرسم 1).

تعريف الجُسيمات المتناهية الدقّة: لا يوجد تعريف رسمي للجُسيمات المتناهية الدقّة، لكنْ هناك إجماع عام على أنّها الجُزيئات التي يقلّ قطرُها الأيروديناميكي عن أو يساوي 0,1 ميكرومتر. الجُسيمات المتناهية الدقّة قابلة للاستنشاق، أي أنّها صغيرة لدرجة أنّها تدخل منطقة تبادل الغازات في الرئتَيْن.

تعريف المادّة الجُسيمية من فئة 2.5: يُشير مصطلح المادّة الجُسيمية من فئة 2.5 إلى أيّ مادة جُسيمية يقلّ قطرها الأيروديناميكي عن أو يساوي 2,5 ميكرومتر، بما في ذلك الجُسيمات المتناهية الدقّة. وعلى غرار الجُسيمات المتناهية الدقّة، فإنّ الجُسيمات من فئة 2.5 قابلة للاستنشاق أيضًا، أي أنّها صغيرة لدرجة أنّها تدخل منطقة تبادل الغازات في الرئتَيْن[10].

تعريف المادّة الجُسيمية من فئة 10: المواد الجُسيمية من فئة 10 هي تلك التي يقلّ قطرها عن أو يساوي 10 ميكرومتر[11]. وهذه الجُسيمات قابلة لدخول الجهاز التنفّسي وقد تعلق في المجرى التنفّسي[12].

الرسم 1: رسم بياني على نطاق لوغاريتمي يُظهِر أمثلةً عن مصادر ملوّثات الهواء بأحجام مختلفة (باللون الأزرق والأحمر والأصفر والأخضر) ونِسَب أحجام المواد الجُسيمية الناجمة عنها (من الرمادي الداكن إلى الرمادي الفاتح)[13].



1.1.2 ما هي مصادر تلوّث الهواء؟

مصادر طبيعية

تتواجد المواد الجُسيمية بحُكم الطبيعة في البيئة، ومن المصادر الطبيعية لهذه المواد نذكر غبار الصحراء المحمول جوًا، والكبريتات، والانبعاثات البركانية والمواد العضوية المنبعثة من الكساء النباتي[14]. أمّا أكاسيد النتروجين فيتمّ إطلاقها في الجوّ من مصادر طبيعية مثل العمليات الميكروبية في الأتربة والبرق وحرائق الغابات[15]. وقد يتفاقم العديد من هذه العمليات جرّاء الاحتباس الحراري والتغيّرات البيئية الناجمة عن الإنسان.

مصادر من صُنع الإنسان

من الأنشطة البشرية التي تُنتِج كمّيات كبيرة من المواد الجُسيمية نذكر النقل البرّي وغير البرّي، بما في ذلك الشحن البحري والطيران؛ وإنتاج الطاقة العامة من محطّات تعمل بالوقود الأحفوري؛ ومصادر الاحتراق التجارية والسكنية (الطهي والتدفئة)؛ والنشاط الصناعي؛ وحرق الكُتَل الحيوية (الغابات والشجيرات والعشب والنفايات الزراعية)؛ والزراعة. وتبقى حركة السير والاحتراق من المصادر الأساسية[16] للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 في المُدُن.

تنبعث أكاسيد النتروجين من أيّ تفاعُل ناجم عن عملية احتراق، لا سيّما على درجات حرارة عالية. وأبرز مصادر أكاسيد النتروجين الناجمة عن الإنسان هي المَركَبات، والمَركَبات غير البرّية (مثل آليات البناء)، والمصادر الصناعية مثل محطّات توليد الطاقة، والتوربينات، والمراجل الصناعية، وأفران الإسمنت، والقوارب، وتدفئة المباني[17].

الملوّثات الأساسية والثانوية

تُصنَّف ملوّثات الهواء على أنّها أساسية إذا كانت منبعثة مباشرةً من المصدر، مثل داخون مصنع أو عادم سيّارة. أمّا ملوّثات الهواء الثانوية فتتكوّن عند حدوث تفاعُل كيميائي في الجوّ مع ملوّثات هواء أساسية. والأوزون هو ملوّثٌ ثانوي ينشأ عند تفاعُل أكاسيد النتروجين مع مجموعة من المواد الكيميائية التي تُعرَف بالمركّبات العضوية المتطايرة. تُصنَّف بعض المواد الجُسيمية ضمن فئة الملوّثات الثانوية. على سبيل المثال، قد يتأكسد ثاني أكسيد الكبريت ليُشكِّل حمض الكبريت، الذي قد يُنتِج بدوره جُزيئات كبريت الأمونيوم إذا تفاعلَ مع الأمونيا.

1.2 تلوّث الهواء من احتراق الوقود الأحفوري

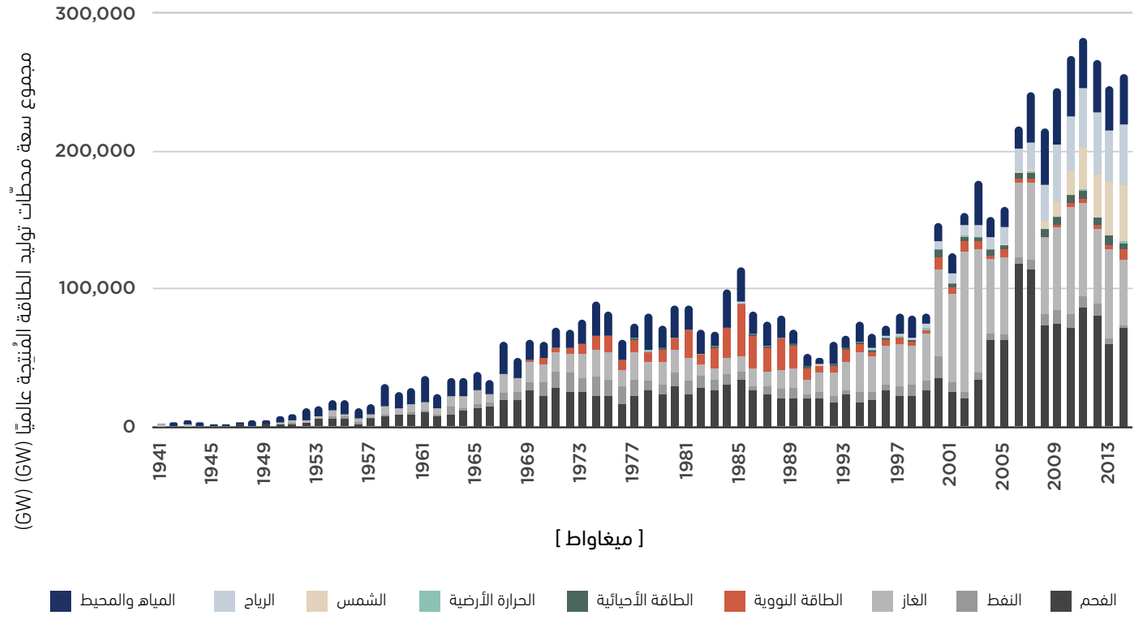
يؤدّي احتراق الوقود الأحفوري – بالدرجة الأولى الفحم والنفط والغاز - إلى انبعاث ملوّثات تُسمِّم الهواء الذي نتنشّقه، ممّا يخلّف تداعيات سلبية على الصحّة. أهمّ المصادر التي تُطلِق الملوّثات في الجوّ تشمل توليد الطاقة ووسائل النقل (بما في ذلك المَرَكبات التي تعمل على البترول والديزل)، واستهلاك الطاقة لأغراض سكنية، والزراعة، والصناعة.

على مرّ التاريخ، هيمنَت الطاقة المُستمَدَّة من الوقود الأحفوري على توليد الكهرباء (الرسم 2)، لكنْ في ظلّ استمرار تراجع كلفة إنشاء مصادر متجدّدة للطاقة (مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية) وصيانتها، باتت هذه الخيارات أقلّ كلفةً من الوقود الأحفوري. أخذت دراسة نشرتها الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة عام 2018 في الحسبان كلفة الكهرباء مدى الحياة في حساباتها لمقارنة تكاليف توليد الطاقة من مصادر متجدّدة مع توليدها من الوقود الأحفوري. وما زالَت الشركات تعتمد التقنيات القديمة، مع أنّه في معظم بقاع الأرض تقلّ كلفة محطّات الطاقة التي تستعين بمصادر متجدّدة، مثل الرياح والشمس، التي بدأ تشغيلها حديثًا، عن كلفة الوقود الأحفوري أو تُوازيها، بما في ذلك الفحم والنفط والغاز[18]. في ضوء ذلك، لا يزال الوقود الأحفوري مُهيمنًا، ممّا يُسبِّب تلوّث الهواء على الرغم من توفُّر بدائل أنظف.

1.3 تلوّث الهواء وآثاره على الصحّة وكلفته

يؤثّر تلوّث الهواء على الصحّة الجسدية والعقلية لأنّه يؤدّي إلى أمراض حادّة ومزمنة قد تُقلّل من جودة الحياة. تُشير الأدلّة المُستخلَصة من دراسات تُعنى بالصحّة العامة إلى وجود رابط بين التعرّض لملوّث هوائي واحد أو لمزيجٍ من الملوّثات الهوائية، مثل

الرسم 2: مجموع سعة محطّات توليد الطاقة المُنتِجة عالميًا في السنة، التي كانَت ناشطة عام 2014. هيمنَ استخدام الوقود الأحفوري على موارد الطاقة لعقودٍ من الزمن، لكنَّ استخدام التقنيات المتجدّدة يشهد توسّعًا سريعًا، وتحديدًا منذ منتصف العقد الأوّل من الألفية[19] .



المواد الجُسيمية من فئة 2.5 أو ثاني أكسيد النتروجين أو الأوزون، وتزايد الإصابة بأمراض مثل مرض القلب الإقفاري (نقص تروية القلب)، والانسداد الرئوي المزمن، وسرطان الرئة، وإصابات الجهاز التنفّسي السفلي، والولادة المبكرة (الولادة قبل أوانها)، ومرض السكّري من النوع الثاني، والسكتة الدماغية والربو[20,21,22,23]. وتترتّب تكاليف اقتصادية جرّاء الآثار الصحّية لتلوّث الهواء، وذلك من ناحية كلفة العلاج، وإدارة الظروف الصحّية، والتغيّب عن العمل.

تختلف خصائص تلوّث الهواء وآثاره بين بلدٍ وآخر، إذ يتأثّر كلّ موقع بملوّثات ومصادر تلوّث وظروف بيئية متفاوتة. فالآثار الصحّية الناجمة عن تلوّث الهواء تتفاوت إلى حدّ كبير بحسب الموقع الجغرافي[24,25,26] إلى جانب التباينات في السكّان وأسلوب حياتهم. على سبيل المثال، تطرّقت دراسة نمذجة باستخدام الحاسوب[27] إلى سبعة مصادر مختلفة للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 ولتلوّث الهواء بالأوزون: الصناعة؛ وحركة السير البرّي؛ والطاقة السكنية والتجارية؛ واحتراق الكُتَل الحيوية؛ وتوليد الطاقة؛ والزراعة؛ والطبيعة. واستندَ الباحثون إلى هذا النموذج لاحتساب الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناجم عن كلٍّ من هذه القطاعات السبعة. ومن بين الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوّث الهواء حول العالم عام 2010، نُسِب ثلثُها تقريبًا إلى التعرّض (أثناء التواجد في الخارج) إلى تلوّث الهواء من الطاقة المُستخدَمة لأغراض سكنية وتجارية[28]، التي اعتُبِرَت السبب الأساسي للوفيات المبكرة الناجمة عن تلوّث الهواء في الهند والصين. أمّا على صعيد العالم فاستأثرت حركة السير البرّي بنسبة 5% من الوفيات المبكرة الناجمة عن تلوّث الهواء مقابل 14% لتوليد الكهرباء. شملَت البلدان التي تُسجّل مستويات عالية جدًا من تلوّث الهواء جرّاء الانبعاثات من حركة السير البرّي: الولايات المتّحدة وألمانيا وروسيا وتركيا واليابان. وبلغَ تأثير توليد الطاقة على الوفيات المبكرة مستويات أعلى من غيرها في الولايات المتّحدة وروسيا وتركيا والصين واليابان[29].

في هذا السياق، أعدَّت منظّمة الصحّة العالمية مبادئ توجيهية تتناول مستوى تلوّث الهواء الذي يؤثّر سلبًا على الصحّة إذا تخطّيناه بحسب أدلّة قاطعة[30]. تستند هذه المبادئ التوجيهية إلى أحدث الأدلّة المتوفّرة حول تأثير ملوّثات الهواء على الصحّة، وتخضع لمراجعة منتظمة[31]. وجديرٌ بالذكر أنّه خلال عام 2019، عاشَ نحو 91% من سكّان العالم في أماكن حيث تعدَّت مستويات تلوّث الهواء المبادئ التوجيهية التي وضعتها منظّمة الصحّة العالمية[32].

1.4 تلوّث الهواء والمناخ

يُعتبَر التخلّص التدريجي من الوقود الأحفوري والتحوّل إلى استخدام مصادر الطاقة المتجدّدة مفيدًا للحدّ من تلوّث الهواء وللتخفيف من آثار الأنشطة البشرية على تغيّر المناخ[33]. في الواقع، إنّ الأحداث الجوّية التي قد تتأثّر بتغيّر المناخ، مثل العواصف الرملية وحرائق الغابات وموجات الحرّ، يمكن أن تزيد من حدّة تلوّث الهواء لأنّها قد تؤدّي على سبيل المثال إلى زيادة كمّية المواد الجُسيمية في الهواء. ويمكن الحدّ من العبء الصحّي الذي يُعزى إلى تلوّث الهواء والحدّ من انبعاثات الملوّثات المناخية في الوقت عينه من خلال التوقّف مثلًا عن استخدام الفحم في قطاع الطاقة أو الحدّ من الانبعاثات الناجمة عن قطاع المواصلات[34].

من الواضح أنّ تلوّث الهواء وأزمة المناخ مترابطان. وسوف يتطلّب استبدال ما يُستعمَل الآن لتوليد الطاقة للنقل والتدفئة المنزلية من فحم ونفط وغاز، دراسةً متأنّية لضمان تجنّب عمليات الحرق البديلة. فعلى سبيل المثال، إذا جرى حرق الكُتَل الحيوية في المستقبل لتوليد الطاقة، من المرجّح أن يؤدّي ذلك إلى زيادة انبعاث ملوّثات الهواء الضارّة مثل المادّة الجُسيمية من فئة 2.5[35]. ويجب أن تعتمد المسارات المُختارة لبلوغ أهداف الحدّ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، على تكنولوجيا الطاقة المتجدّدة وكفاءة استغلال الموارد من دون التأثير سلبًا على جودة الهواء.

2.0 الكلفة الاقتصادية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري

2.1 المقدّمة

يعرض هذا القسم التقييم العالمي الأوّل للعبء الاقتصادي للآثار الصحّية الناجمة عن تلوّث الهواء نتيجة الوقود الأحفوري. ولقد قدَّرَ تحليلٌ أجراه مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي بتكليفٍ من منظّمة "غرينبيس" جنوب شرق آسيا، أثر تلوّث الهواء نتيجة الوقود الأحفوري على الصعيد الوطني والعالمي. يعرض هذا الفصل النتائج التي توصّل إليها التحليل. لكنْ، لم يتناول التحليل تلوّث الهواء الناتج عن مصادر الوقود غير الأحفوري (انظر القسم 1.1.2).

بحسب تحليل مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس، تبلغ كلفة تلوّث الهواء الناتج عن حرق الوقود الأحفوري حوالى 3.3% من الناتج المحلّي الإجمالي العالمي (مجال الثقة بنسبة 95% - 2.4-4.7%)، أي ما يعادل 8 مليارات دولار أميركي في اليوم (مجال الثقة بنسبة 95% - 5.5-11.0 مليار$) و12,000 وفاة مبكرة كلّ يوم (مجال الثقة بنسبة 95% - 9,000-17,000).

ويضمّ التقييم أبحاثًا أُجرِيَت مؤخّرًا تحدّد الإسهام الكمّي للوقود الأحفوري في مستويات تلوّث الهواء العالمية. يستعين التقييم بمجموعات من البيانات العالمية التي تَصِف تركيزات المُواد الجسيمية من فئة 2.5 والأوزون وثنائي أكسيد النتروجين على مستوى السطح، من أجل إجراء تقييم للآثار الصحّية واحتساب التكاليف بناءً عليها للعام 2018. يتضمّن الملحق 1 تفاصيل كاملة عن المنهجية المتّبعة.

ويُظهِر الجدول 1 الآثار الصحّية والاقتصادية المُدرَجة في تحليل مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس، علمًا أنّها تتناول تلوّث الهواء المرتبط بالوقود الأحفوري فقط. ولم تُدرَج سوى الآثار المدعّمة ببيانات دقيقة تربط بين تركيزات الملوّثات والآثار الصحّية على مستوى السكّان. بالتالي، تمثّل هذه الأرقام جزءًا واحدًا فقط من إجمالي عبء تلوّث الهواء. أخيرًا، بما أنّه لم يتمّ إدراج كافّة الآثار الصحّية الفعلية الناجمة عن تلوّث الهواء نتيجة الوقود الأحفوري، يبقى التحليل الوارد في هذا القسم تقديرًا متحفّظًا للأثر العالمي للوقود الأحفوري على تلوّث الهواء وعلى الصحّة والاقتصاد.

يتمّ تحديد الآثار الصحّية بالجمع بين خرائط تركيز الملوّثات[36,37]، للعام 2018 وبين البيانات الديمغرافية والإحصاءات الصحّية على صعيد البلد أو المنطقة. وتُستعمَل دالّات حسابية لكلّ من الملوّثات من أجل ربط تركيز الملوّث باستجابة هذا الملوّث أو أثرهم على السكّان. واستُعين بالدالّات الحسابية المنشورة، الواردة في الملحق 1، لاحتساب أثر تلوّث الهواء المرصود الناتج عن الوقود الأحفوري بالنسبة إلى عدد السكّان في العام 2018. واستنادًا إلى الأبحاث التي أجرتها منظّمة الصحّة العالمية في إطار مشروع "المخاطر الصحّية لتلوّث الهواء في أوروبا" (HRAPIE)[38]، يمكن تقدير عدد أيّام العمل المهدورة نتيجة التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5. لكنْ لا تتوفّر أيّ إحصاءات لاحتساب أثر الملوّثات الهوائية الأخرى على التغيّب عن العمل. يُظهِر الجدول 1 الدالّات الحسابية المُستعمَلة لاحتساب معدّلات النتائج الصحّية والاقتصادية.

قدّرت دراسات سابقة معدّلات الوفيات وانتشار الأمراض نتيجة التعرّض لتلوّث الهواء عمومًا ولتلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري على النطاقَيْن العالمي والإقليمي. وتستند المنهجية المطبّقة في هذا العمل إلى أحدث الاكتشافات العلمية ونماذج المخاطر الصحّية للتعرّض لتلوّث الهواء. وظهرَت مخاطر أكبر بكثير من تلك التي توصّلت إليها الدراسات السابقة في نموذج مستحدث لمخاطر الوفيات الناجمة عن تلوّث الهواء من المواد الجُسيمية من فئة 2.5 في العام 2018، فجرى في ضوئها تنقيح تقديرات الوفيات المبكرة وزيادتها[39]. كذلك، بيّنت دراسةٌ فئوية جديدة حول الأوزون زيادةً كبيرة في الوفيات المنسوبة إلى التلوّث الناجم عن الأوزون في العام 2017[40]. ولهذه الأسباب، أتَت تقديرات الوفيات والأمراض في دراستنا لتتخطّى العديد من النتائج السابقة، إذ تَبيّنَ أحيانًا أنّ عدد الوفيات المنسوبة إلى الوقود الأحفوري وحده يَفوق مجموع الوفيات الناجمة عن تلوّث الهواء المُبلَّغ عنها في بعض الدراسات السابقة. يتضمّن الملحق 1 تفاصيل كاملة عن حسابات الآثار الصحّية والاقتصادية المُستعمَلة في تحليل مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس

الجدول 1: الآثار المُدرَجة في التحليل وفقًا لنوع الملوّث*.

الملوّث	أثر التعرّض للملوّث	النتيجة
ثاني أكسيد النتروجين	الربو	انتشار الربو
		حالات ربو جديدة لدى الأطفال
	أمراض غير مُعدية وإصابات الجهاز التنفّسي السفل	الوفيات المبكرة
		سنوات العمر المفقودة
الأوزون	مرض الانسداد الرئوي المزمن	الوفيات المبكرة
		سنوات العمر المفقودة
	الربو	زيارات غرف الطوارئ
المواد الجُسيمية من فئة ٢,٥	التغيّب عن العمل	التغيّب عن العمل
	مرض الانسداد الرئوي المزمن	الوفيات المبكرة
	السكّري الناجم عن الأمراض المزمنة (سنوات العيش مع الإصابة)	
	مرض القلب الإقفاري	
	سرطان الرئة	
	إصابات الجهاز التنفّسي السفلي	
	إصابات الجهاز التنفّسي السفلي لدى الأطفال دون الخمس سنوات	
	أمراض أخرى غير مُعدية وإصابات أخرى في الجهاز التنفّسي السفلي	
	السكتة الدماغية	
	الربو	زيارات غرف الطوارئ
	الولادة المبكرة	الولادة المبكرة
	مرض الانسداد الرئوي المزمن	سنوات العمر المفقودة
	السكّري الناجم عن الأمراض المزمنة (سنوات العيش مع الإصابة)	
	السكتة الدماغية	
	إصابات الجهاز التنفّسي السفلي لدى الأطفال دون الخمس سنوات	
	أمراض أخرى غير مُعدية وإصابات أخرى في الجهاز التنفّسي السفلي	

*على الرغم من ارتباط آثار صحّية كثيرة بالمواد الجُسيمية من فئة 2.5 وبثاني أكسيد النتروجين وبالأوزون، لكنّ هذه الدراسة لا تشمل سوى الآثار الصحّية التي توجد علاقة وثيقة بينها وبين التغيّرات في مستوى تركيز الملوّثات.

2.2 الآثار الصحّية والتكاليف

2.2.1 الصحّة

يُشير التحليل الذي أجراه مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس إلى أنّ حوالى 3 ملايين حالة وفاة مبكرة لدى البالغين تُنسَب سنويًا إلى أمراض القلب والأوعية الدموية والأمراض التنفّسية وسرطان الرئة، ويُعزى ذلك إلى التعرّض لهواء ملوّث بالمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناجمة عن الوقود الأحفوري. وتُنسَب حوالى 500,000 حالة وفاة مبكرة ناجمة عن أمراض مزمنة إلى الهواء الملوّث من ثاني أكسيد النتروجين، في حين تُنسَب حوالى مليون حالة وفاة مبكرة إلى الهواء الملوّث بالأوزون الناتج عن الوقود الأحفوري سنويًا. إذًا، يُقدَّر مجموع الوفيات المبكرة المنسوبة إلى الهواء الملوّث من الوقود الأحفوري بحوالى 4.5 مليون حالة سنويًا. وقد سبّب الهواء الملوّث من الوقود الأحفوري حوالى 65,000 وفاة مبكرة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في العام 2018.

من جهة أخرى، تُقدِّر البيانات المُحتسَبة من أجل إعداد هذا التقرير إلى احتمال وفاة 40,000 طفل قبل بلوغهم الخامسة بسبب أمراض متعلّقة بالتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناتجة عن الوقود الأحفوري. وتُظهِر هذه البيانات أنّ تلك الوفيات تقع بصورة رئيسية في البلدان المنخفضة الدخل. ويُقدّر عدد الأطفال الذين يُصابون بهذه الأمراض في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بحوالى 865 طفلًا. ولا شكّ في أنّ فقدان الطفل يُعتبَر حدثًا مدمّرًا ومأساويًا للعائلات. كذلك، من الناحية الاقتصادية، تقترن وفاة الأطفال بكلفة مالية مرتفعة على المجتمع لأنّه لا يتسنّى لهم الإسهام في المجتمع مستقبلًا عند بلوغ سنّ الرشد (الجدول 2).

ويُعاني الملايين من الناس حول العالم من الربو وغيره من أمراض الجهاز التنفّسي المزمنة، علمًا أنّ التعرّض للتلوّث الناجم عن حرق الوقود الأحفوري هو عاملٌ أساسي يُساهِم في ذلك. وقد تنشأ عن الأمراض المزمنة تكاليف رعاية صحّية باهظة، كما أنّها قد تمنع الناس من الانخراط في سوق العمل. ويُعَدّ التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 السبب الأساسي لنشوء الآثار الصحّية والاقتصادية الناجمة عن تلوّث الهواء. ولقد أسهمَ التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 في العام 2018 في زيادة عدد الوفيات المبكرة مقارنةً بمجموع عدد الوفيات المبكرة التي يمكن أن ننسبها إلى التعرّض لثاني أكسيد النتروجين والأوزون معًا (الرسم 3).

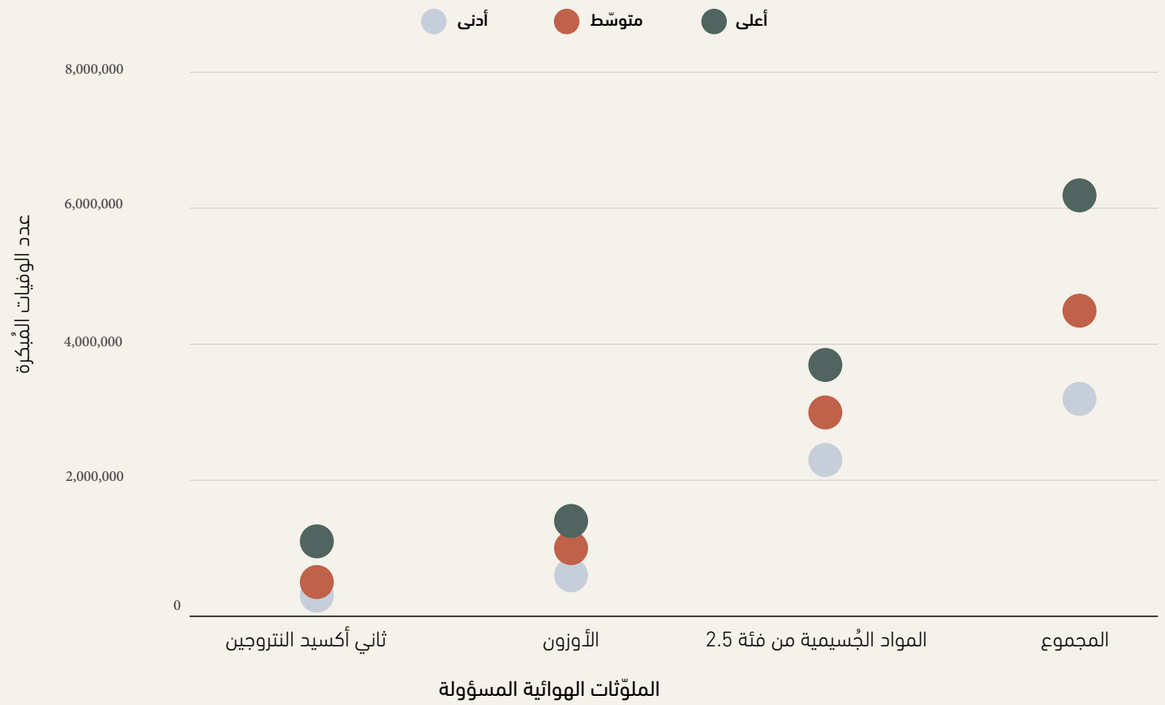
Doctors against diesel campaign action in London
©David Mirzoeff

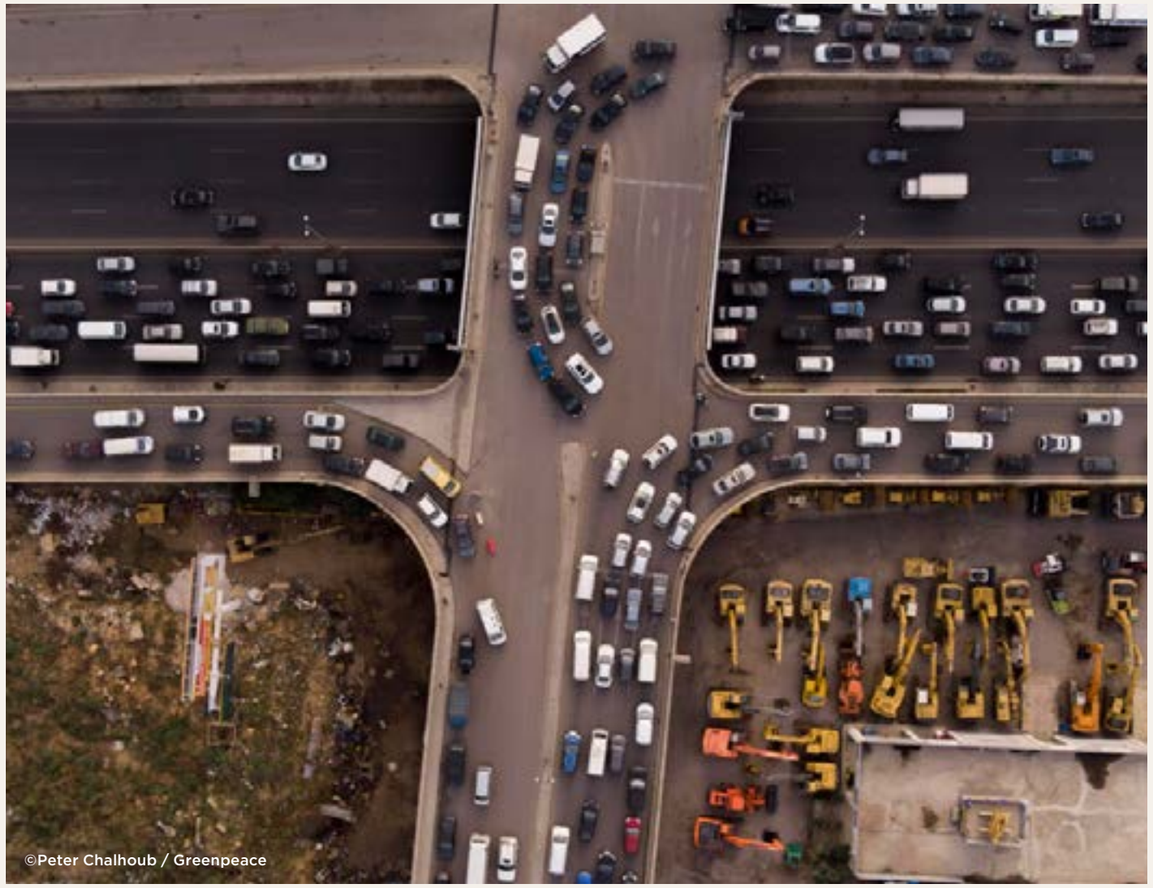
الجدول 2: تقدير الأثر العالمي لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري على نتائج صحّية واقتصادية مُختارة لكلّ ملوّث في العام 2018. يعرض الجدول الحدود القصوى لمجال الثقة الذي تبلغ نسبته 95% (أدنى، أعلى)، بالإضافة إلى المعدّل التقديري الوسطي.

الملوّث	الأثر	العدد الإجمالي			الكلفة الإجمالية (مليون دولار أميركي)		
		أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
ثاني أكسيد النتروجين	الوفيات المبكرة	300,000	500,000	1,100,000	-	-	-
	سنوات العمر المفقودة	4,900,000	8,900,000	19,400,000	185,000	335,000	732,000
	حالات ربو جديدة لدى الأطفال	1,800,000	4,000,000	5,200,000	-	-	-
	عدد الأطفال الذين يُعانون من الربو بسبب تلوّث الهواء	7,800,000	16,100,000	19,600,000	8,000	16,000	19,000
الأوزون	الوفيات المبكرة	600,000	1,000,000	1,400,000	-	-	-
	سنوات العمر المفقودة	9,700,000	15,400,000	21,800,000	247,000	379,000	523,000
	الربو (زيارات غرف الطوارئ)	2,800,000	5,600,000	5,600,000	500	1,000	1,000
المواد الجُسيمية من فئة ٢,٥	الوفيات المبكرة	2,300,000	3,000,000	3,700,000	-	-	-
	سنوات العمر المفقودة	48,700,000	62,700,000	77,700,000	1,385,000	1,766,000	2,173,000
	الربو (زيارات غرف الطوارئ)	1,800,000	2,700,000	3,800,000	200	350	500
	الولادات المبكرة	1,000,000	2,000,000	2,100,000	47,000	91,000	96,000
	التغيّب عن العمل	1,503,200,000	1,755,200,000	2,002,200,000	86,000	101,000	115,000
المجموع	الوفيات المبكرة	3,200,000	4,500,000	6,200,000	-	-	-
	سنوات العمر المفقودة	63,300,000	87,000,000	118,900,000	1,817,000	2,480,000	3,428,000

* تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%

الرسم 3: العدد الإجمالي التقديري للوفيات المبكرة الناجمة عن التعرّض لتلوّث الهواء المرتبط بالوقود الأحفوري في العام 2018.





2.2.2 الكلفة الاقتصادية

تُشير البيانات الصادرة عن نموذج مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس إلى أنّ كلفةً سنوية مقدّرة بمبلغ 2.9 تريليون دولار أميركي (تقدير متوسّط)، أي ما يوازي نسبة 3.3% من الناتج المحلّي الإجمالي العالمي أو 8 مليارات دولار أميركي في اليوم، تُنسَب إلى الهواء الملوّث من الوقود الأحفوري (الجدول 3، الرسم 4). تأتي هذه التكاليف نتيجة أمراض الجهاز التنفسي والأمراض غير المُعدية التي يزداد احتمال الإصابة بها بسبب ارتفاع مستويات التلوّث. وأُدرِج كذلك تقييمٌ اقتصادي لسنوات العمر المفقودة جرّاء الوفاة المبكرة. يمكن قياس أثر الوفاة المبكرة باستخدام مقياس يُعرَف بـ"سنوات العمر المفقودة". وينجم عن مأساة الوفاة المبكرة كلفةٌ اقتصادية تتمثّل بخسارة الإسهامات المجتمعية والاقتصادية، ممّا يعني أنّ الكلفة الاقتصادية التي تنتج عن الوفاة المبكرة قد تكون بالغة، لا سيّما في حال وفاة الأطفال والشباب.

وتُنسَب تكاليف قدرها 350 مليار دولار و380 مليار دولار إلى تلوّث الهواء من ثاني أكسيد النتروجين والأوزون الناتج عن الوقود الأحفوري تباعًا، ويُوازي كلٌّ منها 0.4% من الناتج المحلّي الإجمالي العالمي.

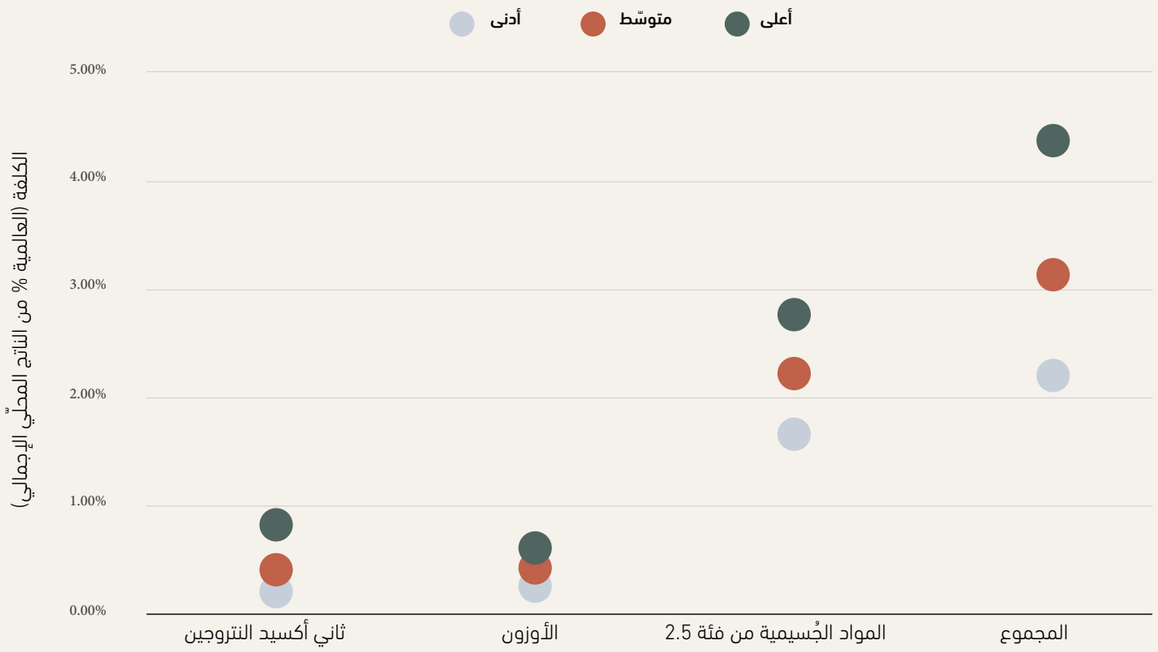
ويؤدّي تلوّث الهواء من المواد الجُسيمية من فئة 2.5 إلى أبلغ أثر صحّي وأكبر كلفة مالية من بين الملوّثات الثلاثة. تُنسَب المواد الجُسيمية الناتجة عن الوقود الأحفوري إلى زيادة التغيّب عن العمل، مؤدّيةً إلى حوالى 1.8 مليار يوم تغيّب عن العمل (تقدير متوسّط) سنويًا في العالم (الجدول 3).

الجدول ٣: تقديرات الكلفة العالمية السنوية لتلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في العام ٢٠١٨*.

الملوّث	الأثر	أدنى	متوسّط	أعلى
ثاني أكسيد النتروجين	الكلفة الإجمالية (مليار دولار أميركي)	192	351	750
	٪ الناتج المحلّي الإجمالي	0.2%	0.4%	0.9%
الأوزون	الكلفة الإجمالية (مليار دولار أميركي)	248	380	524
	٪ الناتج المحلّي الإجمالي	0.30%	0.40%	0.60%
المواد الجُسيمية من فئة ٢,٥	الكلفة الإجمالية (تريليون دولار أميركي)	1.6	2.2	2.7
	٪ الناتج المحلّي الإجمالي	1.8%	2.5%	3.1%
	الغياب عن العمل (أيّام)	1,503,200,000	1,755,200,000	2,002,200,000
المجموع	الكلفة الإجمالية (تريليون دولار أميركي)	2.09	2.9	4.0
	٪ الناتج المحلّي الإجمالي	2.4%	3.3%	4.7%

* تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%

الرسم 4: تقدير الكلفة العالمية السنوية لتلوّث الهواء المرتبط بالوقود الأحفوري في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.



2.3 أمثلة إقليمية عن كلفة تلوّث الهواء

يعرض هذا القسم النتائج التي توصّلت إليها بيانات مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/غرينبيس المتّصلة تحديدًا بمناطق مختلفة في العالم.

2.3.1 الصّحة

يتمّ تحديد أثر تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري على الصحّة في بلدٍ أو منطقةٍ ما عبر عوامل عدّة تشمل طبيعة مصادر التلوّث وتوزيعها، والبيئة المحلّية، والظروف المناخية، والمعدّلات الأساسية للأمراض غير المتعلّقة بتلوّث الهواء، وعدد السكّان والكثافة السكّانية، وغيرها من العوامل.

إنَّ البيانات الصادرة عن تحليل مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/ غرينبيس تشمل العدد المتوقّع لزيارات المصابين بالربو إلى غرف الطوارئ نتيجة التعرّض لمواد جُسيمية من فئة 2.5 وللأوزون. على الصعيد العالمي، تُشير تقديرات النتائج المستخلصة إلى 7.7 مليون زيارة إلى غرف الطوارئ بسبب الربو سنويًا (مجال الثقة بين 4.8 و10.0 مليون). ومن بين هذه الزيارات 37.000 في روسيا (بين 24.000 و47.000)، و62.000 في جنوب أفريقيا (بين 37.000 و83.000)، و127.590 في مصر (بين 78.450 و166.450)، و196.000 في الولايات المتّحدة (بين 125.000 و248.000)، و266.000 في إندونيسيا (بين 166.000 و340.000) على سبيل المثال. يَرِد في الملحق 2 بيانٌ مفصّل بشأن التكاليف والوفيات المبكرة وفقًا للمناطق.

يُنسب حوالى مليونَيْ حالة ولادة مبكرة (بين 1.032.000 و2.093.000) حول العالم إلى التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 نتيجة استخدام الوقود الأحفوري، ومنها ما يُقدّر بـ350.000 (بين 184.000 و367.000) في الصين، و14.000 (بين 6.700 و14.500) في جنوب أفريقيا، و981.000 (بين 517.000 و1.031.000) في الهند؛ و11.000 (بين 6.000 و12.000) في تايلند.

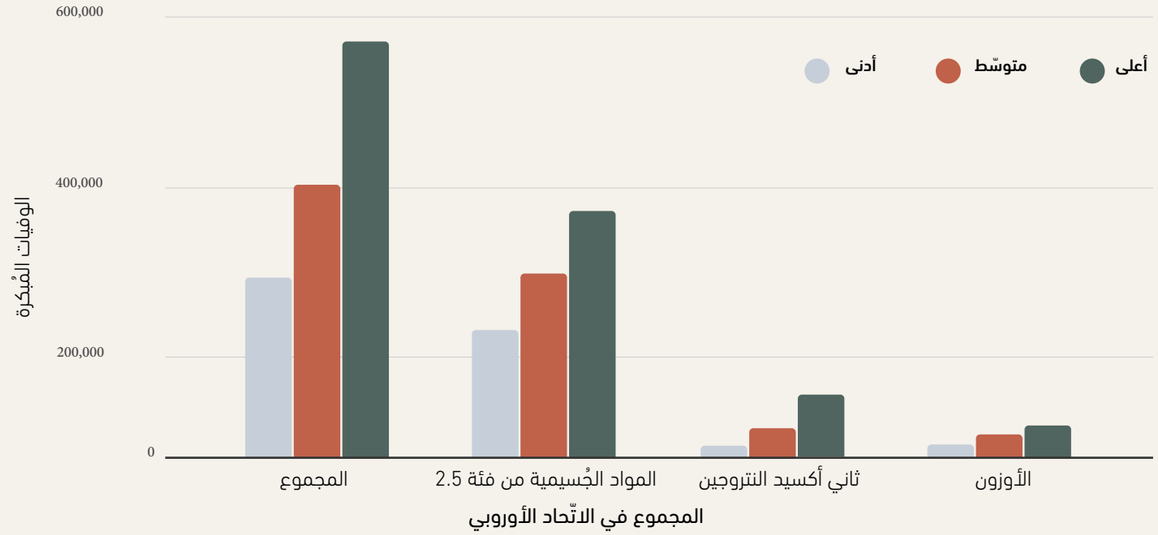
وارتبطت الإصابة بالسكتة الدماغية بالتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5. في الواقع، قدّرَت بيانات مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي/ غرينبيس أنّه يمكن أن تُنسَب 600.000 حالة وفاة سنويًا (بين 268.000 و904.000) إلى السكتة الدماغية المرتبطة بالتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناجمة عن الوقود الأحفوري.

وتُعزى نحو 400.000 حالة وفاة مبكرة سنويًا في أنحاء أوروبا إلى التعرّض لتلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري. يرتبط ثلاثة أرباع هذه الوفيات بالتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5. أمّا الوفيات الأخرى فترتبط بالتعرّض لثاني أكسيد النتروجين وللأوزون (الجدول 4، الرسم 5).

الجدول 4: العدد التقديري للوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في الاتّحاد الأوروبي في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الاتّحاد الأوروبي	الوفيات المبكرة في العام ٢٠١٨		
	أدنى	متوسّط	أعلى
المجموع	289,000	398,000	567,000
المواد الجُسيمية من فئة ٢,٥	229,000	295,000	367,000
ثاني أكسيد النتروجين	38,000	69,000	152,000
أوزون	22,000	34,000	48,000

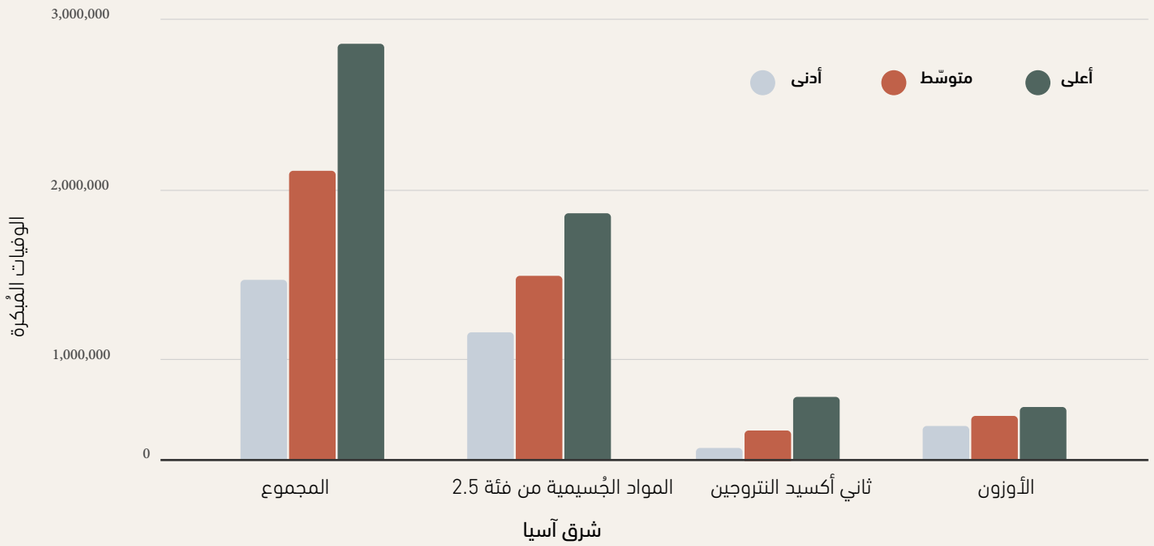
الرسم 5: تقديرات الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري لكلّ مليوّث في الاتّحاد الأوروبي (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.



في شرق آسيا، تتركّز الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء في الصين. فبالرغم من التحسينات السريعة في نوعية الهواء من ناحية انتشار المواد الجُسيمية من فئة 2.5 منذ العام 2015[41]، ما زالَ التلوّث يؤثّر في نسبة كبيرة من السكّان. ومن المتوقّع أن يبلغ عدد الوفيات المبكرة سنويًا 1.8 مليون (بين 1.3 و2.5 مليون) في أنحاء الصين. وتُقدَّر الوفيات المبكرة الناتجة عن الوقود الأحفوري بـ40.000 (بين 28.000 و61.000) في كوريا الجنوبية، و16.000 (بين 12.000 و24.000) في تايوان، و100.000 (بين 75.000 و150.000) في اليابان.

تُنسَب غالبية الوفيات المبكرة في أنحاء شرق آسيا إلى التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 (الرسم 6). ويُعتبَر مرض الانسداد الرئوي المزمن سببًا رئيسيًا للوفيات المبكرة. تُشير البيانات الناتجة عن التحليل الحالي إلى أنّ 582.000 حالة وفاة (بين 366.000 و827.000) سببها مرض الانسداد الرئوي المزمن المرتبط بالتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناتجة عن الوقود الأحفوري في الصين، وهو ما يشكّل نحو 40% من مجموع الإصابات. وفي كوريا الجنوبية، من المتوقّع أن يبلغ عدد الوفيات المبكرة الناجمة عن الانسداد الرئوي المزمن 5000 حالة (بين 3000 و7000)، مقابل 4000 في تايوان (بين 2000 و6000)، و15000 في اليابان (بين 9000 و22000).

الرسم 6: تقديرات الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري لكلّ ملوّث في شرق آسيا (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

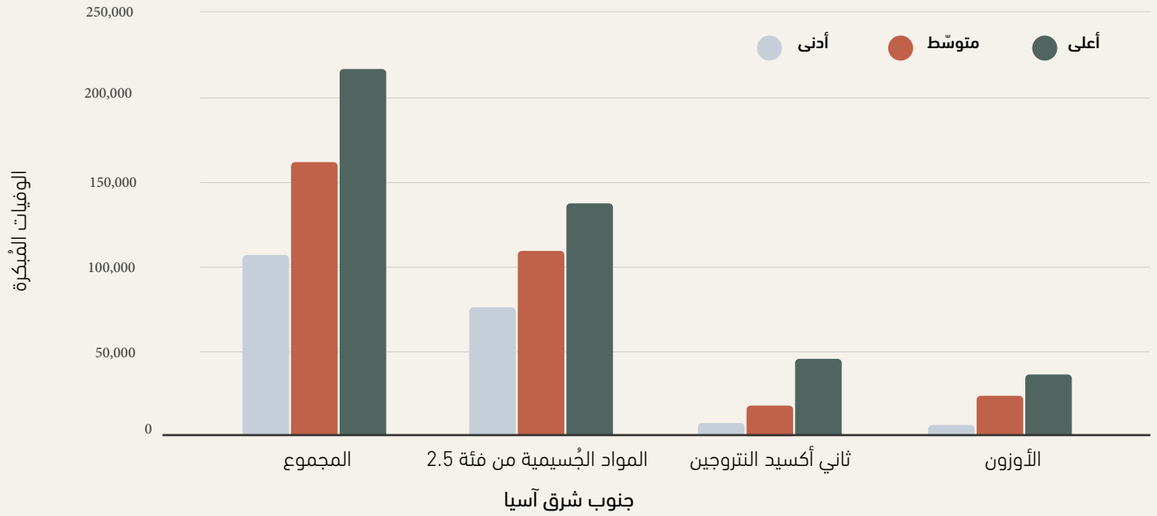


تَرِد في الجدول 5 والرسم 7 الوفيات المبكرة المرتبطة بتلوّث الهواء نتيجة الوقود الأحفوري في دول جنوب شرق آسيا مثل فيتنام ولاوس وتايلند وميانمار وسنغافورة وكمبوديا وماليزيا وإندونيسيا والفلبين وبروناي وتيمور-ليشتي. ويُتوقّع أن يحلّ العدد الأكبر للوفيات المبكرة في إندونيسيا وفيتنام، حيث يُقدّر أن يصل عدد الوفيات بالترتيب إلى 17.000 (بين 10.000 و25.000) و10.000 (بين 5.000 و17.000) بسبب مرض الانسداد الرئوي المزمن المرتبط بالمواد الجُسيمية من فئة 2.5

الجدول 5: تقديرات الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في جنوب شرق آسيا (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

جنوب شرق آسيا	الوفيات المبكرة في العام ٢٠١٨		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
فيتنام	28,000	41,000	58,000
لاوس	1,400	2,000	2,900
تايلند	17,000	24,000	34,000
ميانمار	12,000	18,000	24,000
سنغفورة	890	1,000	2,000
كمبوديا	1,900	2,800	4,100
ماليزيا	4,300	6,600	10,000
إندونيسيا	30,000	44,000	61,000
الفلبين	11,000	17,000	27,000
بروني دار السلام	20	30	40
تيمور-ليشتي	10	20	30

الرسم 7: العدد التقديري للوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري لكلّ مليون شخص في جنوب شرق آسيا (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

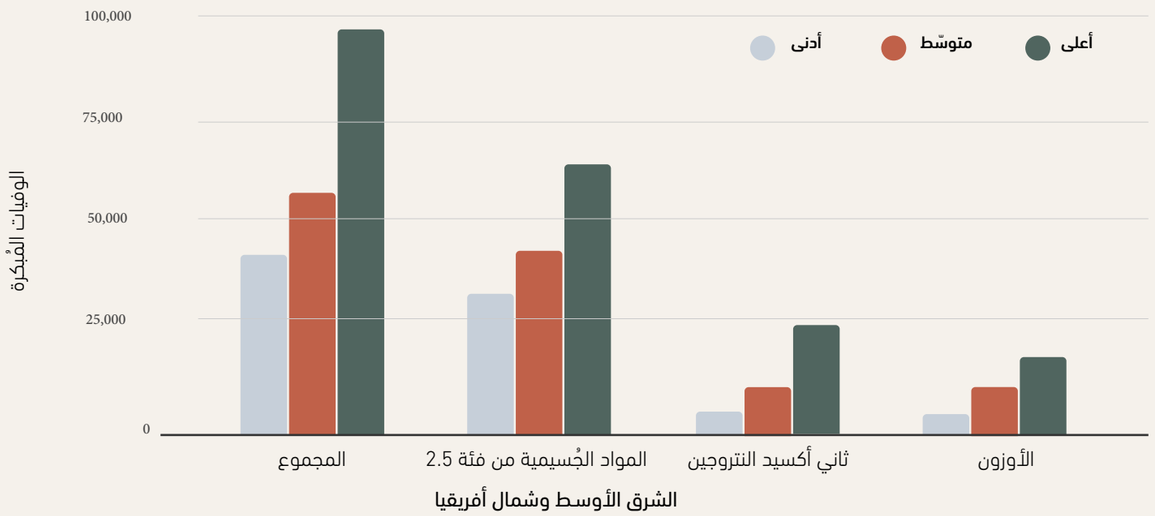


أمّا في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فيُقدّر عدد الوفيات المبكرة سنويًا بحوالى 65.000 حالة جرّاء تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري. تستأثر مصر بالعدد الأكبر من الوفيات التقديرية التي وصلت سنة 2018 إلى 32.000 نتيجة التعرّض للهواء الملوّث المرتبط باستهلاك الوقود الأحفوري (الجدول 6، الرسم 8)، ومنها 4600 (بين 2.300 و7.800) مرتبطة بمرض الانسداد الرئوي المزمن و4.000 (بين 1.500 و7.000) مرتبطة بالسكتة الدماغية، و15.000 (بين 12.000 و18.000) مرتبطة بمرض القلب الإقفاري والتعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 التي تُعزى إلى استخدام الوقود الأحفوري. يعرض الملحق 2 عدد الوفيات المبكرة المقدّرة سنويًا التي تُعزى إلى تلوّث الهواء بسبب استهلاك الوقود الأحفوري لجميع البلدان التي شملها التحليل. ويتّصف لبنان بأعلى نسبة من الوفيات المبكرة المقدّرة نتيجة تلوّث الهواء بسبب استهلاك الوقود الأحفوري، يليه مصر وسوريا (الجدول 8، الرسم 9).

الجدول 6: العدد التقديري للوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	الوفيات المبكرة في العام ٢٠١٨		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
الجزائر	2,100	3,000	4,300
البحرين	200	300	400
مصر،الجمهورية العربية	22,000	32,000	51,000
العراق	2,500	3,500	4,800
الأردن	800	1,200	1,900
الكويت	290	410	600
لبنان	1,800	2,700	4,200
ليبيا	600	900	1,300
المغرب	3,300	5,100	7,500
عُمان	140	210	300
فلسطين	400	500	700
قطر	140	230	410
المملكة العربية السعودية	2,200	3,300	5,000
الجمهورية العربية السورية	3,100	4,700	7,100
تونس	1,300	2,100	3,100
الإمارات العربية المتّحدة	900	1,500	2,400
اليمن، جمهورية	1,800	3,100	5,200

الرسم 8: العدد التقديري للوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لكلّ مليون شخص (2018). تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.



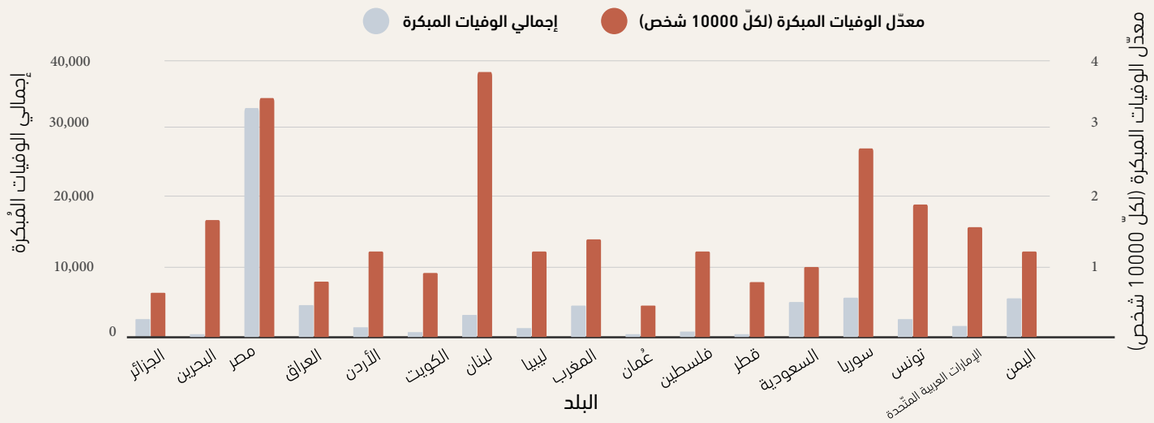
الجدول 7: العدد التقديري للوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	الوفيات المبكرة في العام ٢٠١٨		
	أدنى	متوسّط	أعلى
المجموع	43,000	65,000	100,000
المواد الجُسيمية من فئة ٢,٥	32,000	44,000	59,000
ثاني أكسيد النتروجين	5,000	10,000	24,000
أوزون	6,000	11,000	17,000

الجدول 8: النسبة التقديرية للوفيات المبكرة لكلّ ١٠٠٠ شخص المرتبطة بتلوّث الهواء الناتج عن الوقود الأحفوري لكلّ بلد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	نسبة الوفيات المبكرة (لكلّ ١٠٠٠ شخص)		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
الجزائر	0.05	0.07	0.10
البحرين	0.12	0.17	0.27
مصر،الجمهورية العربية	0.22	0.33	0.51
العراق	0.7	0.09	0.13
الأردن	0.8	0.13	0.19
الكويت	0.7	0.10	0.15
لبنان	0.26	0.39	0.61
ليبيا	0.9	0.13	0.19
المغرب	0.9	0.14	0.21
عُمان	0.3	0.04	0.06
فلسطين	0.8	0.11	0.15
قطر	0.5	0.08	0.15
المملكة العربية السعودية	0.7	0.10	0.15
الجمهورية العربية السورية	0.19	0.28	0.42
تونس	0.11	0.18	0.27
الإمارات العربية المتّحدة	0.09	0.15	0.25
اليمن، جمهورية	0.06	0.11	0.18

الرسم 9: إجمالي ومعدّل الوفيات المبكرة المنسوبة إلى تلوّث الهواء المرتبط بالوقود الأحفوري في كلّ بلد في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (المعدّل التقديري الوسطي)



2.3.2 الكلفة الاقتصادية

يشكّل عدد السكّان أحد الأسباب الأساسية لازدياد الكلفة الاقتصادية التي يتكبّدها المجتمع جرّاء تلوّث الهواء. وثمّة عوامل أخرى مهمّة، منها توفّر خدمات الرعاية الصحّية على الصعيد المحلّي وكلفتها ومعدّل وفيّات الأطفال. فكلّما ارتفاع عدد السكّان في دولةٍ ما، ازدادت كلفة تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري. بالفعل، عندما ترتبط المستويات المرتفعة من التلوّث بالكثافة السكّانية، يكون الأثر المترتّب عن التلوّث كبيرًا للغاية.

تستأثر كلفة تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الاحفوري بنسبة كبيرة من الناتج المحلّي الإجمالي في العديد من الدول. وتشكّل الكلفة المتوقّعة لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الاحفوري حوالى 6.6% من الناتج المحلّي الإجمالي في الصين، وهي النسبة الأعلى في العالم (مجال الثقة بين 4.7% و9%)، مقارنةً بـ3.4% (2.2% - 5.1%) و2.5% (1.8% - 3.7%) في كوريا الجنوبية واليابان على التوالي. أمّا في بلغاريا وهنغاريا وأوكرانيا وصربيا وبيلاروس والهند ورومانيا وبنغلاديش، تفوق الكلفة عينها 5% من الناتج المحلّي الإجمالي (المعدّل التقديري الوسطي). وفي ما يتعلّق بالكلفة التقديرية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الاحفوري ذات الصلة بمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، فهي تظهر تفصيلًا في الجدولَيْن 7 و8.

تسجّل منطقة شرق آسيا كلفة تقديرية مرتفعة لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الاحفوري، حيث تفوق 2% من الناتج المحلّي الإجمالي. وفي عام 2018، بلغَ عدد أيّام التغيّب عن العمل بسبب التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناتجة عن الوقود الأحفوري 748 مليون يوم (642 853- مليونًا) في الصين، ما يوازي خسائر اقتصادية تُقدَّر بـ39 مليار دولار أميركي (33 – 44 مليار دولار أميركي). وفي كوريا الجنوبية وتايوان واليابان، يَصِل الرقم إلى 18 مليون يوم، (16 – 21 مليونًا)، و5 مليون يوم (4 – 6 ملايين)، و20 مليون يوم (17 – 23 مليونًا) على التوالي.

أمّا في جنوب شرق آسيا، فإنّ الكلفة التقديرية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري تفوق 2% من الناتج المحلّي الإجمالي، وذلك في فيتنام ولاوس وتايلاند وميانمار (المعدّل التقديري الوسطي). ولم يسجّل هذا المعدّل أقلّ من 1% من الناتج المحلّي الإجمالي إلّا في بروني دار السلام و تيمور-ليشتي (الجدول 9).

الجدول 9: الكلفة السنوية التقديرية (النسبة المئوية من الناتج المحلّي الإجمالي) المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في جنوب شرق آسيا في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

جنوب شرق آسيا	النسبة المئوية من الناتج المحلّي الإجمالي		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
فيتنام	1.8%	2.8%	4.0%
لاوس	1.8%	2.9%	4.1%
تايلند	1.4%	2.1%	2.9%
ميانمار	1.8%	2.7%	3.6%
سنغفورة	0.7%	1.1%	1.8%
كمبوديا	1.0%	1.5%	2.1%
ماليزيا	0.8%	1.3%	1.9%
إندونيسيا	0.8%	1.1%	1.6%
الفلبين	0.8%	1.2%	1.9%
بروني دار السلام	0.3%	0.4%	0.6%
تيمور-ليشتي	0.1%	0.1%	0.2%

وفي منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بلغَت نسبة الكلفة التقديرية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري من إجمالي الناتج المحلّي أعلى معدّلاتها في مصر ولبنان والبحرين والإمارات العربية المتّحدة (الجدول 10). وقد بلغَ عدد أيّام التغيّب عن العمل بسبب التعرّض للمواد الجُسيمية من فئة 2.5 الناجمة عن الوقود الأحفوري 15 مليون يوم (13 17- مليونًا) في مصر؛ و1.3 مليون يوم (1.1 1.5- مليون) في لبنان؛ و460،000 يوم (400،000 – 530،000) في البحرين؛ و2.7 مليون يوم (2.3 – 3.1 مليون) في الإمارات العربية المتّحدة، علمًا أنّ كلفة تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري هي الأعلى في مصر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتّحدة ضمن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، مع 6.9 مليار دولار أميريكي، و6 مليار دولار أميركي، و5.9 مليار دولار أميركي سنويًا على التوالي. (الجدول 11). وتَرِد في الملحق 2 الكلفة الإجمالية لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري لجميع البلدان التي شملها التحليل.

الجدول 10: الكلفة السنوية التقديرية (النسبة المئوية من الناتج المحلّي الإجمالي) المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في الشرق الاوسط وشمال أفريقيا في العام 2018. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الشرق االوسط وشمال أفريقيا	النسبة المئوية من الناتج المحلّي الإجمالي		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
الجزائر	0.3%	0.5%	0.7%
البحرين	0.9%	1.4%	2.1%
مصر، الجمهورية العربية	1.8%	2.8%	4.2%
العراق	0.5%	0.8%	1.1%
الأردن	0.7%	1.1%	1.5%
الكويت	0.6%	0.9%	1.2%
لبنان	1.3%	2.0%	3.0%
ليبيا	0.6%	0.9%	1.3%
المغرب	0.6%	0.9%	1.4%
عُمان	0.3%	0.4%	0.6%
فلسطين	0.5%	0.8%	1.0%
قطر	0.5%	0.8%	1.3%
المملكة العربية السعودية	0.5%	0.7%	1.1%
جمهورية سوريا العربية	عدم توفر البيانات	عدم توفر البيانات	عدم توفر البيانات
تونس	0.6%	1.0%	1.5%
الإمارات العربية المتّحدة	0.8%	1.4%	2.2%
اليمن، جمهورية	0.5%	1.0%	1.6%

الجدول 11: الكلفة الإجمالية التقديرية المنسوبة إلى تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري لكلٍّ من بلدان منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. تُعرَض التقديرات الدنيا والمتوسّطة والعليا التي تمثّل مجال الثقة بنسبة 95%.

الشرق االوسط وشمال أفريقيا	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)		
البلد	أدنى	متوسّط	أعلى
الجزائر	530	840	1,100
البحرين	330	510	750
مصر	4,400	6,900	10,000
العراق	1,400	2,100	2,800
الأردن	300	490	700
الكويت	840	1,300	1,700
لبنان	890	1,400	2,100
ليبيا	300	470	660
المغرب	670	1,100	1,600
عُمان	200	320	430
فلسطين	80	120	160
قطر	1,000	1,600	2,400
السعودية	3,800	6,000	8,800
سوريا	عدم توفر البيانات	عدم توفر البيانات	عدم توفر البيانات
تونس	240	400	590
الإمارات العربية المتّحدة	3,500	5,900	9,400
اليمن	150	280	450

3.0 ما الذي يمكن القيام به لمعالجة التلوّث الناجم عن الإنسان؟

تُظهِر جملةٌ من السيناريوهات الواقعية أنّ التخلّص التدريجي من الوقود الأحفوري من شأنه أن يحدّ من تلوّث الهواء وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في آنٍ معًا[42]. بالفعل، يمكن أن تعود إزالة الكربون من الاقتصاد العالمي بفوائد سريعة على المجتمع، سيّما من خلال الحدّ من التعرّض لملوّثات الجوّ، كالمواد الجُسيمية من فئة 2.5 التي لها الوقع الأكبر على صحّتنا[43].

وقد نجحت الحلول المتعلّقة بأزمة تلوّث الهواء، كسياسات ضبط الانبعاثات المُعتمَدة في أوروبا، في التخفيف من الآثار السلبية التي تنعكس على صحّة الإنسان. وليس بالضرورة أن تكون السياسات المتعلّقة بالحدّ من تلوّث الهواء مكلفةً لتكون ناجحة، وحتّى لو كانَ تنفيذها يتطلّب كلفةً مرتفعة، إلّا أنّها غالبًا ما تأتي بمنافع أكبر. فلقد عادَ قانون منع تلوّث الهواء في الولايات المتّحدة الأميركية على سبيل المثال بمنافع اقتصادية تَفوق قيمةً كلفة تطبيقه، علمًا أنَّ المنافع تخطّت نسبة 30:1 في الفترة الممتدّة بين عامَيْ 2020-1990. بعبارة أخرى، نتج عن كلّ دولار أميركي تمّ استثمارهِ عوائد أقلّها 30 دولارًا أميركيًا لخدمة الاقتصاد الأميركي[44]. وغالبًا ما تكون الاستراتيجيات الرامية إلى احتواء التلوث والحدّ منه والمُعتمَدة في مختلف المُدُن والبلدان فعّالةً من حيث الكلفة، بغضّ النظر عن مستوى الدخل[45].

في هذا القسم، نستعرض أمثلةً عن الأساليب الممكنة والزهيدة التي من شأنها التخفيف إلى حدّ كبير من العبء الصحّي المترتّب على تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري، والتي ترتكز إلى تدابير ملموسة تدعم الجهود الرامية إلى كبح جماح التغيّر المناخي البشريّ المنشأ. يسلّط هذا القسم الضوء على قطاعَيْن أساسيَّيْن يستخدمان الوقود الأحفوري، وهما قطاع النقل والنفط وقطاع الكهرباء والفحم. ونُبرهِن في هذا القسم أنّ التدابير الرامية إلى الحدّ من تلوّث الهواء هي تدابير عملية، وقابلة للتنفيذ، وفعّالة من حيث الكلفة.

3.1 دراسة الحالة الأولى: التحوّل إلى النقل المستدام

لا بدّ من تغيير وسائل النقل المُعتمَدة – سيّما في المناطق الحضرية التي تتّصف بكثافة سكّانية عالية - إن كُنّا نسعى إلى مواجهة التهديدَيْن المتمثّلَيْن بتلوّث الهواء والتغيّر المناخي[46,47]. وفيما يستقلّ ملايين الناس سيّاراتهم الخاصّة يوميًا للذهاب إلى العمل أو إلى المدرسة أو في رحلة، يسبّبون زحمةً خانقة في الشوارع، إضافةً إلى الضرر الذي تُلحِقه محرّكات الديزل والبترول بالهواء، حيث أنّها تزيد تركيز انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الجوّ. ويبدو جليًا أنّه بغية الحدّ من مستويات الجُسيمات المضرّة والحدّ من الاحترار، لا مفرَّ من إحداث ثورة في مجال النقل لضمان نظام نقل أكثر نظافةً، ومُحايدًا من حيث الأثر الكربوني، وتوفيره للجميع. على مدننا أن تشجّع أساليب العيش الصحّية التي تعود بالمنافع على سكّانها وعلى كوكب الأرض أيضًا. تشكّل وسائل النقل المنخفضة الكلفة والفاعلة والمُحايدة من حيث الأثر الكربوني جزءًا لا يتجزّأ من هذه العملية الانتقالية، ذلك أنّها تُساهِم في الحدّ من تلوّث المُدُن وانبعاثات غازات الاحتباس ومعدّلات الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية والسرطان والسمنة والسكّري والأمراض العقلية وأمراض الجهاز التنفّسي[48] في آنٍ معًا. ومن أهمّ الخطوات التي يمكن للحكومات اعتمادها تمهيدًا لإنشاء نظام للنقل المستدام، تحديد تاريخ لوقف استخدام السيّارات التي تعمل بالديزل والبترول، واعتماد جملة من تدابير النقل الحضري، كمنع وصول السيّارات إلى بعض الأحياء أو المناطق، وحظر تنقّل فئات كاملة من السيّارات ضمن حدود المُدُن، وتنظيم أيّام خالية من السيارات. بالتالي، يصبح بوسع السكّان تصوّر كيف كانت حياتهم لتكون لو كانوا يعيشون في مدينة خالية من الزحمة ومن التلوّث الناجم عن الجسيمات، والاستفادة من المنافع التي يقدّمها لهم النشاط البدني. تهدف دراسة الحالة هذه إلى عرض المبادرات التي اعتمدتها الحكومات لتحسين الصحّة العامّة و جودة الهواء من خلال إزالة السيّارات العاملة بالديزل والبترول من شوارع المُدُن.

تكثُر الأمثلة حول المبادرات المحلّية التي اعتمدتها السلطات من أجل ضمان هواء أكثر نظافةً، كتعزيز المناطق الخاصّة بالمشاة والدرّاجات الهوائية، واعتماد بدائل للنقل الفردي، كإنشاء نوادٍ للسيّارات وأنظمة لمشاركة المركبات، فضلًا عن النقل العام العامل بالطاقة المتجدّدة. في المملكة المتّحدة، أعلنت هيئة النقل في لندن أنّه (ابتداءً من شهر كانون الثاني/يناير 2020)، ستعمل أربعة مسارات للحافلات في وسط المدينة على الطاقة الكهربائية بالكامل[49]. أمّا في مدينة شنزن فتمّ استبدال حافلات النقل العام العاملة بالديزل بمركبات تعمل بالكهرباء في عام 2018، لتشكّل الأسطول الكهربائي الأوّل من نوعه في العالم[50]. وفي الولايات المتّحدة، تعمل هيئة النقل على مشروع أسطول حافلات عديمة الانبعاثات، وباتت في المراحل النهائية من الفترة التجريبية للحافلات الكهربائية التي تمتدّ على ثلاث سنوات[51]. وفي 2019، منعت مدينة أوسلو المركبات الخاصّة من التنقّل في شوارع وسط المدينة، كما ألغَت المساحات المخصّصة للمواقف[52] لينعم سكّان أوسلو ببيئةٍ أكثر نظافةً، حيث يتمّ تشجيع المشي والتنقّل بالدرّاجات الهوائية واستعمال وسائل النقل العام. إذًا، يشكّل منع استخدام المركبات الخاصّة استراتيجيةً فعّالة للحدّ من استخدام الوقود الأحفوري وتحسين جودة الهواء. ويمكن تسهيل مرور المركبات لغير القادرين على المشي أو ركوب الدرّاجة، إضافةً الى اعتماد أنظمة النقل العام ووسائل النقل البديلة[53].

Solar rooftop at Luang Suan Hospital in Thailand
©Arnaud Vittet/Greenpeace

Salt fields near a wind farm in Guimaras, Philippines
© Veejay Villafranca/Greenpeace

ما من مدينة خالية من المركبات تمامًا، إلّا أنّ مبادرة اليوم الخالي من السيّارات التي تمّ إطلاقها في مُدُن مختلفة منذ سنوات تكشف لنا المنافع التي من شأنها أن تعود على قطاعَيْ الصحة والبيئة. تحصل فعّاليات «اليوم الخالي من السيّارات» في العديد من البلدان حول العالم، بشكلٍ سنوي، لكنْ في بعض المواقع مثل بوغوتا عاصمة كولومبيا يحصل ذلك كلّ أسبوع[54]. وتُظهِر هذه الأمثلة أنّه حتّى ولو كانت هذه المبادرات تُطلَق بصورةٍ متفرّقة، إلّا أنّها بدايةً مُشجِّعة. إنّما لا بدّ من إطلاق مبادرة اليوم الخالي من السيّارات بانتظام أو باستمرار، واجتذاب نسبة كبيرة من المجتمع، لتحقيق النتائج المرجوّة من ناحية صحّة الإنسان.

وتظهر الدروس المستقاة من مبادرة اليوم الخالي من السيّارات أنّ للحدّ من زحمة السير العديد من المنافع الصحّية والمالية. لكنّ مبادرات اليوم الخالي من السيّارات لا تشكّل إلّا مقاربة جزئية للتخفيف من زحمة السير والحدّ من تلوّث الهواء في المناطق الحضرية. فباتت التوجّهات العالمية تميل نحو إزالة الوقود الأحفوري من نظام النقل من أجل تنقّل مستدام ومنصف للجميع.

أعلنت أكثر من 15 دولة خططها الرامية إلى التخلّص التدريبي من السيّارات الجديدة العاملة بالبترول والديزل، وفي بعض الأحيان السيارات الهجينة. وعلى الرغم من أنّ هذه الإعلانات ليست مثالية، إلّا أنّها تُشير بوضوح للأسواق إلى أنّ المستقبل سيكون خاليًا من المركبات العاملة بالوقود الأحفوري. وبغية ضمان هواء نظيف وتفادي الآثار السلبية الناجمة عن التغيّر المناخي، لا بدّ من وضع حدّ للمحرّكات العاملة بالوقود الأحفوري وإيجاد حلول بديلة للسيّارات الفردية[55].

من الواضح أنّه باتَ بوسع المُدُن إلغاء المركبات العاملة بالوقود الأحفوري، والحدّ من التلوّث بوتيرة سريعة وإيجاد حلول للتغيّر المناخي بفضل التغييرات التكنولوجية والاجتماعية. ويمكن للمُدُن الكبرى أن تشكّل رأس الحربة للتغيير المنشود، حيث أنّها ستشقّ الطريق نحو حيّز حضري أكثر استدامةً، واضعةً العدالة الاجتماعية والانتصاف في صلب نظام النقل المحياد كربونيًا للجميع. بالتالي، ستُساهم في توجيه النقاشات الوطنية والعالمية بشأن مستقبل النقل الحضري[56]، وتمكين الحكومات الوطنية من تحديد تواريخ الاستحقاق للتخلّص التدريجي من السيّارات العاملة بالبترول والديزل، والاستثمار في النقل العام ووسائل النقل الكهربائية.

تجدر الإشارة إلى إحدى أطول مبادرات اليوم الخالي من السيّارات، والتي تُعرَف بـ «سيكلوفيا». أُطلِقت هذه المبادرة في مدينة بوغوتا، كولومبيا عام 1974. سيكلوفيا هو حدث أسبوعي يُعقَد يوم الأحد من كلّ أسبوع وأيّام العُطَل وسط مدينة بوغوتا، حيث يتمّ إغلاق الطرق لمنع مرور السيّارات والسماح لراكبي الدرّاجات والمتزلّجين والمشاة بالتنقّل على طرق تمتدّ على 120 كيلومترًا (74.6 أميال). وتشهد أكثر من 15 دولة في الأميركتَيْن ومنطقة الكاريبي فعّالياتٍ مماثلة. تهدف مبادرة سيكلوفيا إلى حثّ المزيد من الأشخاص على القيام بنشاط بدني، سيّما أنّ عددًا كبيرًا منهم يفضّلون القيام بالتمارين الرياضية خلال الأيّام التي تُنفَّذ فيها المبادرة نظرًا لخلوّ الطرق من السيّارات وانخفاض تلوّث الهواء[57]. وتساهم طبيعة مبادرة «سيكلوفيا» الدامجة في تعزيز قدرتها على تشجيع الأطفال على القيام بنشاط بدني والحؤول دون إصابتهم بالسمنة[58].

كلفة مبادرة سيكلوفيا في بوغوتا بالنسبة إلى منفعتها، في إطار خفض تكاليف الرعاية الصحّية.

في ما يتعلّق بخفض كلفة الرعاية الصحّية، تتراوح نسبة التكلفة والفائدة التقديرية لمبادرة سيكلوفيا بين 3.20 دولار أميركي و4.30 دولار أميركي مقابل كلّ دولار أميركي واحد يتمّ استثمارهم في البرنامج[59]. يُظهِر المجال نسبةً كبيرة من عدم اليقين في صفوف المستخدمين البالغين، تراوحت بين 516,600 و1,205,635 خلال فترة الدراسة الممتدّة بين 2005 و2009. وكما أشارت نسبة التكلفة والمنفعة في مدينة ميديين، وهي المدينة الثانية في كولومبيا، ساهمَ كلّ دولار أميركي تمّ استثمارهم في تخفيض 1,80 دولارًا أميركيًا من كلفة الرعاية الصحّية. ربّما لم تُقدَّر منافع هذه المبادرة بالقدر الذي تستحقّه، لأنّ الدراسة ركّزت على جزء من العوامل، وليس كلّها. وأشارَت البيانات التي تمّ جمعها بين 2005 و2009 أنّ كلفة برنامج سيكلوفيا تُقدَّر بـ6 دولار أميركي للفرد. وبغية إنجاح فعّاليات الشارع، شدّد الباحثون على ضرورة مرور الطريق بمختلف الأحياء، والترويج للمبادرة في صفوف المجموعات العرقية والفئات العمرية غير المُمثّلة بشكل كافٍ، وتأمين التمويل المناسب لضمان استمرار البرنامج[60].

3.2 دراسة الحالة الثانية: توليد الكهرباء من الطاقة المتجدّدة بدلًا من الوقود الأحفوري

تُشير دراسات النمذجة أنّ 65% من الوفيات المبكرة الناجمة عن تلوّث الهواء ترتبط بانبعاثات الوقود الأحفوري[61]. ومن شأن استبدال الوقود الأحفوري بالطاقة المتجدّدة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح أن يحدّ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وانبعاثات الملوّثات، ما يُساهِم في تعزيز المناخ وتحسين صحّة الإنسان. وهذه العملية الانتقالية قابلة للتنفيذ والإنجاز، سيّما أنّ الطاقة التي تولّدها الأنظمة المتجدّدة باتت تُستخدَم على نحو متزايد حول العالم، مع نضوج التكنولوجيا وانخفاض كلفة التركيب بشكل كبير.

في الولايات المتّحدة، ازدادَت مساهمات طاقة الرياح والطاقة الشمسية كما الطاقة الكهربائية الفولتية الضوئية في الشبكة الوطنية من 10 جيجاواط إلى 100 جيجاواط من 2007 حتّى 2015[62]. وأدّى توليد الكهرباء من طاقة الرياح إلى الحدّ من انبعاثات الملوّثات، وبالتالي تحسين جودة الهواء وتقليص كلفة الرعاية الصحّية ذات الصلة، بما يتراوح بين 28,4 مليار دولار أميركي و107,9 مليار دولار أميركي، كما ساهمَ في تفادي حوالى 2,900 إلى 12,200 حالة من الوفيات المبكرة وادّخار مبلغ يتراوح بين 4,9 مليار دولار أميركي و98,5 مليار دولار أميركي من الخسائر الاقتصادية المرتبطة بالمناخ. وساهمَ الانتقال إلى الطاقة الشمسية في ادّخار 1,3 مليار إلى 4.9 مليار دولار أميركي في مجال جودة الهواء والصحّة العامة، و0.4 مليار إلى 8,3 مليار دولار أميركي من الخسائر الاقتصادية المرتبطة بالمناخ، مع تفادي 100 إلى 500 حالة من الوفيات المبكرة.

علاوةً على ذلك، فإنّ كلفة الحدّ من تلوّث الهواء من خلال إغلاق المحطّات التي تعمل على الفحم تفوق قيمةً الطاقة الكهربائية التي ولّدتها[63]. وفي ما نتّجه نحو اعتماد الطاقة المتجدّدة والتخلّص التدريجي من الوقود الأحفوري، نعود بفوائد كبيرة على الصحّة، سيّما من خلال إعطاء الأولوية للبنى التحتية الأكثر قدرةً على تخفيف التعرّض إلى ملوّثات الجوّ. وفيما يساهم توليد الطاقة من الفحم والنفط والغاز في تفاقم أزمتَيْ تلوّث الجوّ والتغيّر المناخي، لا بدّ من إلغاء هذه التكنولوجيات لتعزيز الفوائد على صعيدَيْ الصحّة والبيئة. ويجب البدء بإلغاء الوقود الأحفوري من محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم لأنّها تُساهِم بأكبر قدر من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين والمواد الجُسيمية من فئة 2.5 التي تنبثق من الفحم[64]. وأدّى اعتماد معايير الحدّ من الانبعاثات وإغلاق المحطّات في قطاع توليد الطاقة في الولايات المتّحدة إلى تخفيض الانبعاثات بنسبة 20% و72% و50% و46% لثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين والمواد الجُسيمية من فئة 2.5 على التوالي بين 2007 و2015.

أمثلة عن الفوائد الصحية التي تمّ قياسها بعد إغلاق محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم.

يعود إغلاق محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم بفوائد جمّة على الصحّة والبيئة، سيّما على خلفية الدراسات حول جودة الهواء التي أظهرت أنّ لإغلاق محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم العديد من المنافع على صحّة الأشخاص الذي يعيشون ويعملون في محيطها.

•عملت إحدى الدراسات على تقييم أثر محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم على نموّ الطفل[65] من خلال دراسة مجموعتَيْن من النساء الحوامل من غير المدخّنات اللواتي يعشن على بُعد 2.5 كلم من محطّة الكهرباء تونغليانغ في تشونشين في الصين. التحقت المجموعة الأولى (المؤلّفة من 150 سيّدة) بالدراسة عام 2002 وكُنَّ مُعرَّضات للهيدروكربونات الأروماتية المتعدّدة الحلقات الناتجة عن محطّة الكهرباء. أمّا المجموعة الثانية (التي تضمّ 158 سيّدة) والتي التحقت بالدراسة عام 2005 فلم تتعرّض للمادّة عينها، ذلك أنّ المحطّة أغلقت عام 2004. وتبيّنَ أنّه ثمّة علاقة مباشرة بين الهيدروكربونات الأروماتية المتعدّدة الحلقات ومشاكل النموّ، سيّما لدى الأجنّة والأطفال. ولم تكن محطّة الكهرباء العاملة بالفحم والتي كانت تولّد الكهرباء من كانون الأوّل/ديسمبر حتّى أيّار/مايو قبل إغلاقها بالكامل عام 2004، تستخدم التقنيات الحديثة للحدّ من التلوّث. أظهرت الدراسة أنّه لعدم تعرّض المجموعة الثانية للهيدروكربونات الأروماتية المتعدّدة الحلقات منافع على النموّ العصبي وعلى التغيّرات الجزيئية التي تعزّز نموّ الدماغ والصحّة بصورة عامّة. وأوصى الباحثون بالحدّ من التعرّض إلى الملوّثات السامة من أجل نموّ عصبي أفضل.

•أظهرت عملية الرصد[66] التي امتدّت من 2011 إلى 2014 في بيتسبرغ بنسيلفانيا، في الولايات المتّحدة، أنّ إغلاق ثلاث محطّات للكهرباء تعمل بالفحم ترافقَ مع انخفاض ملحوظ في تركيزات المواد الجُسيمية من فئة 2.5 في الجوّ. وقد استخدم الباحثون أدوات لقياس المستويات السطحية للمواد الجُسيمية بالاستناد إلى 12 محطّة كهرباء، كما إلى الأقمار الاصطناعية لقياس العمق البصري للهباء الجوي، مُسجِّلين انخفاضًا في العمق البصري للهباء الجوّي خلال فترة الدراسة.

•وشرحت دراسة حالة موثّقة[67] كيف أنّه في دوبلن، إيرلندا، ساهمَ قرار منع بيع الفحم عام 1990 في الحدّ بنسبة 70% من الدخان الأسود في الشتاء والحدّ من الوفيات الناجمة عن الإصابة بالأمراض التنفّسية بنسبة 15% (حوالى 116 شخصًا في السنة).

4.0 الخلاصة

Air pollution protest in Bangkok
©Wason Wanichakorn/Greenpeace

©TUPUNGATO / SHUTTERSTOCK.COM

4.1 التكاليف

نُقدِّر أن تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري يتسبّب بحوالى 4.5 مليون حالة من الوفيات المبكرة سنويًا على صعيد العالم، كما يؤدّي إلى خسارة ما يقارب 1.8 مليار يوم عمل سنويًا حول العالم، بسبب الضرر الذي يلحقه بصحّة الإنسان، ما يُثقل كاهل الاقتصاد ويحدّ من الرفاه. فعندما دمجت الدراسة كلفة الرعاية الصحّية بالخسائر الناجمة عن التغيّب عن العمل جرّاء تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري، تَبيَّنَ أنّ الكلفة الاقتصادية تساوي 3.1% من إجمالي الناتج المحلّي العالمي، أي ما يوازي 8 مليار دولار أميركي باليوم الواحد.

تنتج أزمة تأثير تلوّث الهواء على صحّة الإنسان من عملية حرق الوقود الأحفوري الذي يساهم أيضًا في تفاقم أزمة التغيّر المناخي – لأنّ إحراق الفحم والغاز والنفط يؤدّي إلى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. أطلقت الحكومات العديد من الاستثمارات لاستبدال الوقود الأحفوري بالطاقة المتجدّدة النظيفة التي من شأنها أن تعود بمنافع اقتصادية طويلة الأمد، وأن تنعكس إيجابًا على صحّة السكّان ورفاههم.

لا بدّ من الامتناع عن استخدام الوقود الأحفوري. وفيما لا تنفكّ كلفة اعتمادنا على الفحم والنفط والغاز تزيد، باتت الحلول البديلة المنقذة متوفّرة وبكلفة ميسورة.

4.2 النقل

أثبتت مبادرات اليوم الخالي من السيّارات أنّ أيّ تغيير جذري يطرأ في أنظمة النقل قادرٌ على تعزيز الحركة البدنية، والحدّ من انبعاثات الملوّثات السامّة وغازات الاحتباس الحراري، وتحسين صحّة الإنسان. ولقد تبيّنَ أنّ الأموال التي تمّ توفيرها على صعيد الصحّة تُوازي أضعاف كلفة التنفيذ، كما تبيّنَ أنّ شركات الوقود الأحفوري تجني أرباحًا طائلة على حساب مجتمعاتنا التي تدفع ثمن تلوّث الهواء. لذلك، من الضروري الاستثمار في أنظمة النقل البديلة المستدامة، لأنّها مربحة، وتنعكس إيجابًا على صحّة الإنسان والرفاه وكوكب الأرض.

لا بدّ من إعادة تنظيم أنظمة النقل بصورة ملحّة على أن تتحوّل إلى استخدام الطاقة والموارد بفعاليّة، وتعمل من دون ضجّ ملوّثات سامة في الجوّ، سواء بطرق مباشرة أو غير مباشرة. تحتاج مدننا اليوم إلى مركبات أكثر نظافةً وأقلّ عددًا، وإلى استعمال أكبر لوسائل النقل العام والاستثمار في مشاريع تشجّع مشاركة السيّارات والمشي وركوب الدرّاجات. وبغية بلوغ هذا الهدف، على الحكومات الوطنية تحديد تواريخ للتخلّص التدريجي ومنع تنقّل السيّارات العاملة بالديزل والبترول والاستثمار في وسائل النقل المستدام واعتماد حلول بديلة محايدة من حيث الأثر الكربوني، كالمشي وركوب الدرّاجة الهوائية. يمكن للمُدُن والمناطق الرائدة أن تشقّ الطريق نحو المستقبل المنشود، بتوجيه النقاشات الوطنية والعالمية نحو مستقبل النقل الحضري المرجوّ.

4.3 الطاقة

لا بدّ من التخلّص التدريجي من محطّات الكهرباء العاملة بالوقود الأحفوري وإيقاف بناء المشاريع الجديدة حرصًا على عدم زيادة الاحترار العالمي بأكثر من درجة ونصف عن مستويات المرحلة ما قبل الصناعية والحدّ من انبعاثات ملوّثات الجوّ المنتشرة اليوم على مئات الكيلومترات.

يمكن ربط الانبعاثات الناتجة عن حرق الفحم بعدد كبير من الأمراض، منها مشاكل النموّ لدى الأطفال والوفيات المبكرة الناجمة عن الأمراض التنفّسية. وقد أدّى دمج تكنولوجيا الطاقة المتجدّدة بشبكة الكهرباء في مناطق مختلفة من الولايات المتّحدة الأميركية إلى الحدّ من الاعتماد على الوقود الأحفوري ومن انبعاثات الملوّثات. علاوةً على ذلك، يساهم إلغاء الوقود الأحفوري في تفادي الوفيات المبكرة والتخفيف بشكل كبير من الكلفة المرتبطة بالرعاية الصحّية.

وفيما يتعلّق بالمبالغ التي ساهم إغلاق محطّات الكهرباء التي تعمل بالفحم في توفيرها من خلال تحسين جودة الهواء، فهي تفوق قيمةً الطاقة الكهربائية التي ولّدتها[68]. لذا، ينبغي إلغاء الوقود الأحفوري من قطاع توليد الطاقة، والتحوّل إلى الطاقة المتجدّدة للحؤول دون التغيير المناخي الكارثي، وحماية صحّة الإنسان. فالانتقال إلى الطاقة المتجدّدة ممكن، وبات الوضع يداهمنا. على المُدُن والحكومات والشركات أن تتّخذ الإجراءات المناسبة الآن.

قائمة المصطلحات

ملوّثات الهواء هي مواد غير مرغوب فيها موجودة في الهواء على شكل جزيئة جامدة أو قطرة سائلة أو غاز. يمكن أن تلحق هذه المادّة الضرر بصحّة الإنسان أو بالبيئة.

ALRI Acute lower respiratory illness | مرض حادّ في الجهاز التنفّسي السفلي.

AOD Aerosol optical depth | العمق البصري للهباء الجوّي
الهباء الجوي مؤلّف من جزيئيات موجودة في الغلاف الجوّي بأحجام مختلفة ومن مصادر إمّا طبيعية أو بشرية. للهباء الجوّي تداعيات مختلفة متعلّقة بمكوّناتها والموقع الجغرافي. من خلال قياس العمق البصري للهباء الجوّي، يمكن تحديد كمّية الهباء الجوي نظرًا إلى كمية الإشعاعات الضوئية التي تخرقه.

متوسّط القيمة التقديرية مراجعة مجال الثقة

CEV Cerebrovascular disease | مرض دماغي وعائي

مجال الثقة لا تعطي الدراسات العلمية التي تستند إلى النمذجة الحاسوبية نتائج دقيقة بالكامل. لذا، يتمّ تحديد حيّز (أو مجال) للثقة. يحتوي «مجال الثقة» على القيمة الحقيقية على أغلب تقدير. ويعني بلوغ مجال الثقة 95% أنّ الإجابة المعطاة صحيحة بنسبة 95% مع بلوغ نسبة الخطأ 5% (سواء أعلى أو أدنى من المجال المحدّد). أمّا القيمة المتوسّطة فهي القيمة الأكثر احتمالًا لتكون القيمة الحقيقية. أمّا طرفا المجال فيُعرفان بالقيمة التقديرية العليا والقيمة التقديرية الدنيا.

COPD Chronic obstructive pulmonary disease | مرض الانسداد الرئوي المزمن

DEFRA The Department for Environment, Farming and Rural Affairs of the government of the United Kingdom| وزارة البيئة والشؤون الزراعية والريفية في المملكة المتّحدة

الغبار الجزيئيات الجامدة المنقولة بالهواء. تشكّل المواد الجُسيمية فئةً فرعية من الغبار.

GDP Gross domestic product | الناتج المحلّي الإجمالي

GNI Gross national income | إجمالي الدخل القومي

القيمة التقديرية العليا مراجعة مجال الثقة

IHD Ischaemic heart disease | مرض القلب الإقفاري

القيمة التقديرية الدنيا مراجعة مجال الثقة

MODIS Moderate resolution imaging spectroradiometer
جهاز استشعار مقياس الطيف الإشعاعي التصويري المتوسّط الاستبانة

NO_2 Nitrogen dioxide | ثاني أكسيد النيتروجين

Nox Nitrogen oxides | أكسيد النتروجين
مصطلح عام يشمل أكسيد النتروجين وثاني أكسيد النتروجين، وهي مجموعة من الغازات المضرّة لصحّة الإنسان.

O_3 Ozone | الأوزون

$PM_{2.5}$ Fine particulate matter | المواد الجُسيمية

Ppb Parts per billion | جزء في المليار
عدد وحدات الملوّثات الموجودة في التركيب الكيميائي في 1000 مليون وحدة من الكتلة الإجمالية.
سعر صرف يُستخدَم لتحديد قيمة الدولار الدولية، بحيث تُنسَب إليه القدرة الشرائية نفسها من إجمالي الدخل القومي التي يحملها الدولار الأميركي في الولايات المتّحدة الأميركية.

PPP Purchasing power parity | تعادل القدرة الشرائية

SO_2 Sulfur dioxide | ثاني أكسيد الكبريت

WHO World Health Organization | منظّمة الصحّة العالمية

$\mu g/m_3$ Microgram per cubic meter | ميكروغرام في المتر المكعّب
وزن المادّة بالميليغرام في متر مكعّب واحد من الغاز.

الملحق 1: المنهجية

يقدّم هذا المستند التقدير العالمي الأوّل من نوعه للعبء الاقتصادي المترتّب عن تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري. لقد لجأنا إلى قواعد بيانات عالمية لتحديد مدى تركيز المواد الجُسيمية من فئة 2.5 والأوزون وثاني أكسيد النتروجين على سطح الأرض، وتقييم وقعها على الصحّة واحتساب كلفتها. يتمّ تحديد الآثار الصحّية بجمع مسوحات تركيز الملوّثات مع البيانات السكّانية وإحصاءات الصحّة على الصعيد القُطري أو الإقليمي، والدالّات الحسابية المتعلّقة بالتعرّض للتلوّث للعام 2018. تَرِد المنهجية المُعتمَدة تفصيلًا أدناه.

التعرّض لتلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري

تمّ تقدير تركيزات المواد الجُسيمية من فئة 2.5 والأوزون الناجمة عن انبعاثات الوقود الأحفوري على صعيد العالم لعام 2015[69]، كما تمّ مسح مستويات التلوّث بثاني أكسيد النتروجين للعام 2011 بدقّة عالية[70]. وبما أنّ انبعاثات أكسيد النتروجين تنتج عن حرق الوقود الأحفوري، نعتبر بالتالي أنّ تركيزات ثاني أكسيد النتروجين التي تخطّت العتبة الواردة في الجدول أ1، ناجمة عن استخدام الوقود الأحفوري. وفيما يتعلّق بالوفيات المرتبطة بالتعرّض لثاني أكسيد النتروجين، يمكن ربطها بالوقود الأحفوري فقط عند تخطّيها عتبة التركيز البالغة 20 مكروغرامًا في المتر المكعّب. يمكن النظر إلى هذا الاستنتاج على أنّه متحفّظ لأنّ انبعاثات أكاسيد النتروجين ناجمة عن الوقود الأحفوري بالدرجة الأولى حول العالم، وخاصّةً في المُدُن حيث تسود أعلى نسب التعرّض للملوّثات السامّة.

تمّ قياس مدى انتشار تركيزات المواد الجُسيمية وثاني أكسيد النتروجين لعام 2018. وتمّت عملية القياس من خلال الأقمار الاصطناعية في السنوات المحدّدة باستخدام أدوات جمع البيانات كجهاز MODIS وأداة رصد الأوزون. يشكّل جهاز MODIS التابع لوكالة الناسا أداة رصد تعمل من خلال قمرَيْن اصطناعيَّيْن «تيررا» و«أكوا»، على رصد الهباء الجوّي في الغلاف الجوّي، وتُنجِز مسحًا كاملًا لكوكب الأرض كلّ يوم أو يومَيْن[71]. أمّا أداة رصد الأوزون فتعمل على رصد الملوّثات كثاني أكسيد النيتروجين بواسطة القمر الاصطناعي «أورا» الخاصّ بالناسا. تهدف هذه القياسات المرتكزة إلى الأقمار الاصطناعية إلى تحديد كمّية كلّ من الملوّثات في الغلاف الجوّي، عوضًا عن التركيزات السطحية، كما إلى رصد المسوحات السطحية فقط. لم يتمّ تعديل مستويات الأوزون في العام 2015.

وبغية قياس التعرّض للملوّثات، تمّ دمج بيانات عام 2015 الخاصّة بالأوزون بالبيانات المعدّلة لعام 2018 والمتعلّقة بالمواد الجُسيمية وثاني أكسيد النتروجين، وبقواعد البيانات السكّانية والصحّية التي تمّ تحديثها بحسب أحدث البيانات المتوفّرة (2018-2017) [72,73,74,75].

الآثار الصحّية والتكاليف

استخدمنا البيانات المعدّلة المتعلّقة بالمواد الجُسيمية والأوزون وثاني أكسيد النتروجين كما الدالّات الحسابية لتحديد عدد الإصابات بالأمراض في مجتمع محدّد[76]. تساهم الدالّة الحسابية في ربط تركيز كلّ ملوّث بطرق الاستجابة له وبوقعه في مجتمع معيّن. يتمّ قياس الوفيات وسنوات العمر المفقودة وحالات العجز جرّاء التعرّض للمواد الجُسيمية باستخدام البيانات اللاخطّية حول المخاطر المرتبطة بالفئات العمرية المستخرجة من الدراسة التي أنجزها برونت مع جملة من الباحثين[77]، ومن تقييم عبء المرض العالمي. بالتالي، يتمّ الربط بين خطر الإصابة بمختلف الأمراض جرّاء تركيزات الملوّثات مقارنةً بالهواء النظيف. وتمّ توقّع الآثار الصحّية الأخرى باستخدام دالّات المخاطر الخطّية اللوغاريتمية التي يُعبَّر عنها بزيادة المخاطر النسبية بمعدّل 10 ميكروغرام في المتر المكعّب، أو زيادة تركيز الملوّثات بمعدل 10 أجزاء في المليار، من دون تحديد عتبة للمخاطر، ذلك أنّه تمّ الاستناد إلى التركيزات الدنيا الواردة في قواعد البيانات التي كشفت المخاطر الصحّية. وتمّ تسليط الضوء على الآثار الصحّية التالية:

وفاة الأطفال الصغار جرّاء الإصابة بعدوى في الجهاز التنفّسي السفلي

يمكن تقييم الأثر الصحّي استنادًا إلى نتائج تركيزات المواد الجُسيمية الوادرة في الدراسة التي شارك ليليفلد (2019) في صياغتها، كما الدالّة الحسابية للمخاطر ذات الصلة بعدوى الجهاز التنفّسي السفلي، الواردة في تقييم عبء المرض العالمي[78].

ويتمّ تقييم الخسائر الاقتصادية الناتجة عن الوفاة جرّاء تلوّث الهواء بالاستناد إلى انخفاض متوسّط العمر المتوقّع سنةً واحدة، ما يوازي 56,000 يورو في الاتّحاد الأوروبي، بناءً على منهجية التكلفة- الفائدة الخاصّة بالوكالة الأوروبية للبيئة[79]، وتمّت تسويتها بحسب إجمالي الدخل القومي وتعادُل القدرة الشرائية للدول أو المناطق، مع مؤشّر مرونة يبلغ 0.9 بحسب ما أوصَت به منظّمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي[80].

مرض السكّري والربو والأمراض التنفّسية المزمنة الأخرى وحالات العجز الناجمة عن السكتة الدماغية

حدّدَ مشروع عبء المرض العالمي[81] درجة العجز التي يؤدّي إليها كلّ مرض وصنّفها في مقياس العجز الذي يمكن استخدامه لمقارنة الكلفة الناتجة عن مختلف الأمراض.

تمّ تقييم الخسائر الاقتصادية الناجمة عن العجز والتدهور في جودة الحياة جرّاء الإصابة بالسكّري أو التهاب القصبات المزمن بالاستناد الى مقاييس العجز، إضافةً إلى التقييم الاقتصادي للعجز الخاصّ بوزارة البيئة والشؤون الزراعية والريفية في المملكة المتّحدة[82]. وتمّت تسوية نتائج التقييم في الدول الأخرى بحسب إجمالي الدخل القومي وتعادُل القدرة الشرائية. يسجّل مرض السكّري من النوع الثاني الخالي من المضاعفات معدّل عجز بنسبة 4.9%، ما يعني أنّ التعايش مع السكّري يوازي 4.9% من نسبة العيش مع حالة عجز لمدّة عام واحد، أو 4000 دولار أميركي في المملكة المتّحدة و1600 دولار أميركي من الدخل المتوسّط حول العالم.

أمّا بالنسبة إلى الخسائر الاقتصادية الناتجة عن الإصابة بالربو جرّاء تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري، فيتمّ تقييمها باستخدام مؤشّرَيْن أساسيَّيْن: عدد الاصابات الجديدة بالربو جرّاء التعرّض لثاني أكسيد النتروجين، والتوجّه إلى غرف الطوارئ جرّاء التعرّض للمواد الجُسيمية والأوزون. علاوةً على ذلك، تمّ تقييم الخسائر السنوية المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بإصابة الأطفال بالسكّري، بما في ذلك كلفة الرعاية الصحّية والخسائر الاقتصادية التي يتكبّدها مقدّم الرعاية والتي بلغت 3,800 و4,000 دولار أميركي في مجتمعَيْن مختلفَيْن في ولاية كاليفورنيا في الولايات المتّحدة[83]. يتمّ استخدام نقطة الوسط الخاصّة بهدَيْن المؤشّرَيْن لصياغة التقديرات، بحسب نسبة إجمالي الناتج الإقليمي في كاليفورنيا لمعدّل المتوسّط الوطني في الولايات المتّحدة، وإجمالي الدخل القومي وتعادُل القدرة الشرائية للدول الأخرى. وتمّ تحديد الكلفة المرتبطة بالدخول إلى الطوارئ بالاستناد إلى الدراسة عينها.

تجدرُ الإشارة أيضًا إلى أنّ حالات الإصابة بالربو الجديدة الناجمة عن المواد الجُسيمية تفوق عددًا تلك الناجمة عن ثاني أكسيد النتروجين، ولكن نظرًا لمجال انعدام الثقة الواسع المرتبط بهذه القيم التقديرية[84]، لم يتمّ إدراج هذه النقطة في الدراسة. وقرّرنا أن نذكر الكلفة الاقتصادية المرتبطة بالدخول إلى قسم الطوارئ في المستشفى بسبب الإصابة بالربو الناجم عن التعرّض للمواد الجُسيمية والأوزون، والتي لا تشكّل إلّا نسبة ضئيلة من العبء الاقتصادي الذي تفرضه الإصابة بالربو جرّاء التعرّض للمواد الجُسيمية.

الولادات المبكرة

يزيد تعرّض النساء الحوامل إلى المواد الجُسيمية من خطر الولادة المبكرة ونقص الوزن عند الولادة، ويترافق مع العديد من المخاطر الصحّية ومشاكل النموّ لدى الطفل. يمكن ربط مليونَيْ حالة من الولادات المبكرة حول العالم سنويًا بتعرّض النساء الحوامل للمواد الجُسيمية الناجمة عن الوقود الأحفوري، بحسب الدراسة الصادرة عن مركز أبحاث الطاقة والهواء النقي، كما نتائج التركيزات الواردة في الدراسة التي شارك ليليفلد (2019) في إنجازها وعلاقة التركيز- الاستجابة التي شارك تراساندي في إعدادها[85]. وقد قدّرت الدراسة عينها الخسائر الاقتصادية المرتبطة بالولادة المبكرة، وتحديدًا تضاؤل الإنتاجية الاقتصادية وازدياد كلفة الرعاية الصحّية، بـ300,000 دولار أميركي للولادة الواحدة في الولايات المتّحدة. ويستند التحليل إلى الدالّة الحسابية وإلى تقديرات الكلفة؛ مع تسوية التقديرات ضمن المجموعات الإقليمية استنادًا إلى الناتج المحلّي الإجمالي وتعادُل القدرة الشرائية.

الغياب عن العمل

يؤدّي التعرّض للمواد الجُسيمية الناتجة عن تلوّث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري إلى زيادة أيّام التغيّب عن العمل بسبب المرض (إجازة مرضية). ارتكزنا إلى الدالّات الحسابية التي أوصت بها منظّمة الصحّة العالمية بغية تقدير عدد أيّام التغيّب عن العمل[86]. وتبلغ قيمة الإجازات المرضية حوالى 130 يورو في الاتّحاد الأوروبي بحسب توصيات الوكالة الأوروبية للبيئة[87]، وتمّت تسويتها للدول الأخرى استنادًا إلى الناتج المحلّي الإجمالي وتعادُل القدرة الشرائية.

الدالّات الحسابية								
الأثر على الصحّة	التعرّض	نسبة المخاطر	وحدة القياس	عتبة المخاطر	تغيير التركيزات	المرجع	بيانات حول وقوع الإصابة
دخول الطوارئ بسبب نوبة ربو، الأطفال	المادة الجُسيمية	1.025 (1.013,1.037)	ميكروغرام في المتر المكعّب	6	10	Zheng 2015	Anenberg et al 2018
دخول الطوارئ بسبب نوبة ربو، الأطفال	الأوزون	1.018 (1.01,1.024)	جزء في المليار	2	10	Zheng 2015	Anenberg et al 2018
دخول الطوارئ بسبب نوبة ربو، البالغون	المادة الجُسيمية	1.023 (1.015,1.031)	ميكروغرام في المتر المكعّب	6	10	Zheng 2015	Anenberg et al 2018
دخول الطوارئ بسبب نوبة ربو، البالغون	الأوزون	1.018 (1.012,1.022)	جزء في المليار	2	10	Zheng 2015	Anenberg et al 2018
الولادات المبكرة	المادة الجُسيمية	1.15 (1.07 ,1.16)	ميكروغرام في المتر المكعّب	8.8	10	Trasande et al 2016	Chawanpaiboon et al 2019
الوفاة، الانسداد الرئوي المزمن	الأوزون	1.12 (1.08,1.16)	جزء في المليار	35	10	Malley et al 2017	دراسة عبء المرض العالمي 2017
الوفاة، الأمراض غير المُعدية، وعدوى الجهاز التنفّسي السفلي، البالغون	ثاني أكسيد النتروجين	1.037 (1.021,1.080)	ميكروغرام في المتر المكعّب	20	10	منظّمة الصحّة العالمية. مشروع HRAPI ٢٠١٣	دراسة عبء المرض العالمي 2017
سنوات العمر المفقودة، والأمراض غير المُعدية، وعدوى الجهاز التنفّسي السفلي، البالغون	ثاني أكسيد النتروجين	1.037 (1.021,1.080)	ميكروغرام في المتر المكعّب	20	10	منظّمة الصحّة العالمية. مشروع HRAPI ٢٠١٣	دراسة عبء المرض العالمي 2017
الغياب عن العمل، أيّام	المادة الجُسيمية	1.046 (1.039,1.053)	ميكروغرام في المتر المكعّب	0	10	منظّمة الصحّة العالمية. مشروع HRAPI ٢٠١٣	الوكالة الأوروبية للبيئة 2014
حالات جديدة من الربو، الأطفال	ثاني أكسيد النتروجين	1.26 (1.10,1.37)	جزء في المليار	2	10	Achakulwisut et al ٢٠١٩	دراسة عبء المرض العالمي 2017

مراجع الجدول[88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98]

الملحق 2: موجز البيانات المتعلّقة بالكلفة ومعدل الوفيات

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
الجزائر	530	840	1,100	2,100	3,000	4,300
البحرين	330	510	750	200	300	400
جمهورية مصر العربية	4,400	6,900	10,000	22,000	32,000	51,000
العراق	1,400	2,100	2,800	2,500	3,500	4,800
الأردن	300	490	700	800	1,200	1,900
الكويت	840	1,300	1,700	290	410	600
لبنان	890	1,400	2,100	1,800	2,700	4,200
ليبيا	300	470	660	600	900	1,300
المغرب	670	1,100	1,600	3,300	5,100	7,500
عُمان	200	320	430	140	210	300
فلسطين	82	120	160	400	500	700
قطر	1,000	1,600	2,400	140	230	410
السعودية	3,800	6,000	8,800	2,200	3,300	5,000
جمهورية سوريا العربية	-	-	-	3,100	4,700	7,100
تونس	240	400	590	1,300	2,100	3,100
الإمارات العربية المتّحدة	3,500	5,900	9,400	900	1,500	2,400
جمهورية اليمن	150	280	450	1,800	3,100	5,200

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
أفغانستان	170	270	380	2,600	3,900	5,900
ألبانيا	260	400	590	1,000	1,500	2,200
الجزائر	530	840	1,100	2,100	3,000	4,300
ساموا الأميركية	-	-	-	0	0	1
أندورا	-	-	-	20	30	50
أنغولا	98	170	270	250	410	700
أنتيغا وباربودا	3	5	7	4	6	7
الأرجنتين	2,600	4,400	7,900	5,300	8,600	15,000
أرمينيا	270	370	480	1,300	1,700	2,200
أستراليا	3,900	6,100	8,900	2,000	2,900	4,200
النمسا	11,000	15,000	21,000	5,800	7,900	11,000
أذربيجان	460	680	960	1,600	2,200	3,200
باهاماس	86	130	170	40	60	80
البحرين	330	510	750	200	300	400
بنغلادش	9,100	14,000	18,000	67,000	96,000	130,000
باربادوس	12	18	25	10	20	30
بيلاروس	2,400	3,200	4,400	7,800	10,000	14,000
بلجيكا	8,500	12,000	18,000	5,000	6,800	9,500
بيليز	7	11	15	20	30	40
بنين	24	39	55	220	350	520
برمودا	29	44	59	9	10	20
بهوتان	31	54	79	150	240	350
بوليفيا	28	59	100	130	250	450
البوسنة والهرسك	680	950	1,200	2,300	3,100	3,900
بوتسوانا	57	91	140	100	150	200
البرازيل	9,800	14,000	22,000	20,000	28,000	43,000
بروني دار السلام	35	53	76	20	30	40
بلغاريا	2,900	3,900	5,200	6,800	9,000	12,000
بوركينا فاسو	59	95	130	600	900	1,300
بوروندي	7	11	17	200	320	500
الرأس الأخضر	6	9	13	30	40	50
كمبوديا	240	360	520	1,900	2,800	4,100

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
الكاميرون	99	160	230	570	900	1,000
كندا	25,000	38,000	57,000	15,000	21,000	30,000
جمهورية أفريقيا الوسطى	11	18	27	160	260	400
تشاد	61	99	140	550	850	1,000
تشيلي	1,600	2,600	4,500	2,300	3,800	6,600
الصين	650,000	900,000	1,200,000	1,300,000	1,800,000	2,500,000
كولومبيا	1,500	2,400	3,600	4,800	6,900	9,800
جزر القمر	1	2	3	9	10	19
جمهورية الكونغو الديمقراطية	79	130	210	1,100	2,000	3,300
جمهورية الكونغو	9	15	22	44	70	100
كوستا ريكا	230	340	450	380	530	710
ساحل العاج	16	38	66	90	200	400
كرواتيا	2,000	2,800	3,700	3,300	4,400	5,700
كوبا	No Data	No Data	No Data	2,000	2,800	3,800
قبرص	380	570	790	310	440	630
جمهورية التشيك	7,700	11,000	15,000	8,000	11,000	14,000
الدنمارك	4,600	6,700	9,500	2,000	2,800	3,800
دجيبوتي	-	-	-	40	80	100
دومينيكا	2	3	4	5	7	9
جمهورية الدومينيكان	310	490	700	600	1,000	1,400
الأكوادور	670	1,000	1,500	2,000	2,700	3,700
جمهورية مصر العربية	4,400	6,900	10,000	22,000	32,000	51,000
السلفادور	160	260	370	697	1,100	1,500
غينيا الاستوائية	3	7	12	4	9	20
ايريتريا	39	66	98	390	640	970
استونيا	430	650	900	460	630	820
اسواتيني	41	66	97	120	180	270
اثيوبيا	240	370	480	2,600	3,900	5,400
فيجي	8	12	17	20	20	30
فنلندا	2,800	4,300	5,800	1,600	2,100	2,700
فرنسا	37,000	54,000	79,000	27,000	37,000	55,000
الغابون	5	9	13	8	10	20

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
غامبيا	4	8	11	60	100	150
جورجيا	510	700	890	2,200	2,900	3,600
ألمانيا	94,000	140,000	210,000	57,000	81,000	120,000
غانا	38	73	120	200	370	600
اليونان	4,200	6,100	8,700	6,000	8,400	12,000
غرينلاند	-	-	-	8	10	20
غرينادا	3	4	6	6	8	10
غوام	-	-	-	10	16	22
غوتيمالا	390	620	870	1,200	1,700	2,400
غينيا	27	43	60	270	410	590
غينيا بيساو	3	6	8	40	60	90
غيانا	6	9	12	20	20	30
هايتي	61	100	150	772	1,300	1,900
هوندوراس	100	170	260	600	980	2,000
هنغاريا	6,700	9,400	13,000	9,400	13,000	17,000
ايسلاند	76	110	150	30	40	50
الهند	100,000	150,000	190,000	715,000	1,000,000	1,300,000
اندونيسيا	7,600	11,000	16,000	30,000	44,000	61,000
جمهورية إيران الاسلامية	3,800	5,300	7,300	13,000	17,000	24,000
العراق	1,400	2,100	2,800	2,500	3,500	4,800
ايرلندا	2,500	3,800	5,000	900	1,200	1,600
اسرائيل	3,000	4,500	6,200	1,800	2,500	3,600
ايطاليا	41,000	61,000	91,000	39,000	56,000	83,000
جامايكا	90	140	200	310	460	640
اليابان	88,000	130,000	180,000	75,000	100,000	150,000
الأردن	300	490	700	800	1,200	1,900
كازاخستان	2,000	2,800	3,900	3,500	4,800	6,400
كينيا	190	290	380	1,100	1,600	2,300
كيريباتي	0	0	0	0	0	0
جمهورية كوريا الديمقراطية الشعبية	-	-	-	24,000	38,000	56,000
جمهورية كوريا	37,000	56,000	85,000	28,000	40,000	61,000
كوسوفو	180	270	380	800	1,200	1,700

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
الكويت	840	1,300	1,700	290	410	600
جمهورية قرغيزستان	77	110	150	800	1,100	1,600
جمهورية لاو الديمقراطية الشعبية	320	510	720	1,400	2,000	2,900
لاتفيا	850	1,200	1,700	1,100	1,500	2,100
لبنان	890	1,400	2,100	1,800	2,700	4,200
ليسوتو	39	67	100	700	588	870
ليبيريا	2	3	4	20	40	60
ليبيا	300	470	660	600	900	1,300
ليتوانيا	1,700	2,300	3,000	2,000	2,600	3,300
لوكسمبورغ	1,000	1,500	2,300	250	350	500
مدغشقر	11	19	29	180	300	450
مالاوي	6	11	16	170	280	410
ماليزيا	2,800	4,500	6,700	4,300	6,600	10,000
المالديف	17	26	38	30	40	60
مالي	58	99	140	500	800	1,300
مالطا	140	200	260	120	170	220
جزر مارشال	0	1	1	1	2	3
موريتانيا	11	20	28	100	170	250
موريشيوس	23	33	44	30	50	60
المكسيك	20,000	29,000	41,000	37,000	51,000	73,000
ولايات ميكرونيسيا المتّحدة	1	2	3	4	6	9
مولدوفا	450	600	750	2,300	3,000	3,600
منغوليا	130	200	270	410	570	780
الجبل الأسود	150	210	280	370	480	620
المغرب	670	1,100	1,600	3,300	5,100	7,500
موزامبيق	12	20	30	200	340	530
ميانمار	1,300	1,900	2,500	12,000	18,000	24,000
ناميبيا	15	26	39	36	56	84
نيبال	580	940	1,400	7,800	12,000	18,000
هولندا	14,000	21,000	30,000	7,200	9,900	14,000
نيوزيلندا	190	270	350	110	140	170
نيكاراغوا	38	60	83	300	440	600

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
النيجر	35	60	89	530	880	1,000
نيجيريا	1,300	2,200	3,200	4,600	7,600	13,000
مقدونيا الشمالية	390	540	700	1,200	1,600	2,000
جزر ماريانا الشمالية	-	-	-	3	4	6
النروج	4,300	6,000	8,500	1,500	2,100	2,800
عُمان	200	320	430	140	210	300
باكستان	3,800	6,100	9,200	32,000	50,000	76,000
فلسطين	82	120	160	400	500	700
باناما	170	260	360	230	310	410
بابوا غينيا الجديدة	75	120	200	290	430	620
باراغواي	85	140	210	250	380	540
بيرو	550	970	1,700	1,500	2,500	4,600
الفلبين	2,500	4,000	6,000	11,000	17,000	27,000
بولندا	21,000	29,000	38,000	30,000	39,000	51,000
البرتغال	2,700	4,100	6,300	3,300	4,800	7,200
بورتوريكو	470	730	1,000	420	610	860
قطر	1,000	1,600	2,400	140	230	410
رومانيا	9,100	13,000	17,000	17,000	22,000	29,000
الاتّحاد الروسي	50,000	68,000	97,000	89,000	120,000	160,000
رواندا	18	30	45	240	390	590
ساموا	0	0	1	1	1	2
ساو تومي وبرينسيبي	1	1	2	4	7	10
المملكة العربية السعودية	3,800	6,000	8,800	2,200	3,300	5,000
السينيغال	70	120	160	480	743	1,100
صربيا	2,600	3,700	4,900	8,500	11,000	15,000
سيشل	6	8	11	6	9	11
سيرا ليون	8	13	18	120	190	280
سنغفورة	2,500	4,000	6,500	890	1,000	2,000
جمهورية سلوفاكيا	3,700	5,100	6,700	4,100	5,400	7,000
سلوفينيا	1,300	1,800	2,500	1,300	1,700	2,300
جزر سليمان	2	4	6	10	20	20
الصومال	-	-	-	610	1,000	2,000

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
جنوب أفريقيا	4,300	6,300	8,200	9,700	13,000	16,000
جنوب السودان	53	87	130	290	480	750
اسبانيا	16,000	24,000	36,000	17,000	25,000	37,000
سريلانكا	460	760	1,100	2,100	3,300	4,800
سانت لوسيا	5	8	11	10	10	20
سانت فينسنت والغرينادين	2	3	4	5	7	10
السودان	180	320	460	1,900	3,100	4,600
سيورينام	5	8	11	10	20	30
السويد	5,400	7,800	11,000	3,000	4,000	5,200
سويسرا	11,000	16,000	23,000	4,100	5,500	7,600
جمهورية سوريا العربية	-	-	-	3,100	4,700	7,100
تايوان	11,000	16,000	23,000	12,000	16,000	24,000
طاجيكستان	65	96	130	770	1,000	2,000
تانزانيا	76	130	180	700	1,000	1,500
تايلاند	7,000	11,000	15,000	17,000	24,000	34,000
تيمور-ليشتي	1	3	5	10	20	30
توغو	11	18	26	100	200	300
تونغا	0	1	1	1	1	2
ترينيداد وتوباغو	41	67	100	40	70	100
تونس	240	400	590	1,300	2,100	3,100
تركيا	14,000	21,000	30,000	28,000	40,000	58,000
تركمانستان	240	360	520	500	700	1,000
أوغندا	36	57	79	500	700	1,100
أوكرانيا	6,000	8,000	10,000	35,000	45,000	57,000
الإمارات العربية المتّحدة	3,500	5,900	9,400	900	1,500	2,400
المملكة المتّحدة	46,000	66,000	98,000	30,000	41,000	62,000
الولايات المتّحدة الأميركية	430,000	610,000	870,000	170,000	230,000	310,000
الأورغواي	280	450	730	800	630	1,000
أوزبيكستان	410	590	810	3,400	4,800	6,600
فانواتو	1	2	3	5	7	11
فنزويلا	1,800	2,800	4,200	1,900	2,900	4,200
الفيتنام	4,500	6,800	9,800	28,000	41,000	58,000

أثر تلوث الهواء الناجم عن الوقود الأحفوري في كل بلد						
البلد/ المنطقة	الكلفة الإجمالية التقديرية (مليون دولار أميركي)			إجمالي الوفيات المبكرة التقديرية (٢٠١٨)		
	أدنى	متوسّط	أعلى	أدنى	متوسّط	أعلى
جزر فيرجين	-	-	-	10	20	20
فلسطين	80	120	160	400	500	700
جمهورية اليمن	150	280	450	1,800	3,100	5,200
زامبيا	33	56	80	200	300	500
زيمبابيوي	56	91	130	200	300	500

الملحق ١: المنهجية

1 Strasert, B., Teh, S. C. & Cohan, D. S. Air quality and health benefits from potential coal power plant closures in Texas. J. Air & Waste Manage. 69, 333–350 (2019).

2 Lelieveld, J., et al. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. PNAS 116, 7192–7197 (2019).

3 Watts N., et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. Lancet 386, 1861–1914. (2015).

4 Lelieveld, J., et al. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. PNAS 116, 7192–7197 (2019).

5 Watts N., et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. Lancet 386, 1861–1914 (2015).

6 Anderson,H.,et al.Quantitativesystematicreviewofshorttermassociations between ambient air pollution (particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide), and mortality and morbidity. لندن، وزارة الصحّة. متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.gov.uk/government/publications/quantitative-systematic-review-of-short-term-associations-between-ambient-air-pollution-particulate-matter-ozone-nitrogen-dioxide-sulphur-dioxide-and-carbon-monoxide-and-mortality-and-morbidity. [تاريخ زيارة الرابط: 9 كانون الثاني/يناير 2020]

7 Guarnieri, M. & Balmes, J. Outdoor air pollution and asthma. Lancet 383, 1581–1592 (2014).

8 وكالة حماية البيئة بالولايات المتّحدة. التلوّث بالأوزون عند مستوى سطح الأرض (Ground-level Ozone Pollution) متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics (2020) [تاريخ زيارة الرابط: 9 كانون الثاني/يناير 2020].

9 منظّمة الصحّة العالمية. مراجعة الأدلّة حول الآثار الصحّية لتلوّث الهواء
Review of evidence on health aspects of air pollution
تقرير فنّي لمشروع REVIHAAP. منظّمة الصحّة العالمية: بون (2013). متوفّر عبر الرابط التالي:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1.
[تاريخ زيارة الرابط: 16 كانون الثاني/يناير 2020].

10 Morakinyo, O., Mokgobu, M., Mukhola, M. & Hunter, R. Health outcomes of exposure to biological and chemical components of inhalable and respirable particulate matter. Int. J. Environ. Res. Public Health 13, 592 (2016). DOI: 10.3390/ijerph13060592.

11 Cassee, F.R, Héroux, M.-E., Gerlofs-Nijland, M.E. & Kelly, F.J. Particulate matter beyond mass: recent health evidence on the role of fractions, chemical constituents and sources of emission. Inhal. Toxicol. 25, 802–812 (2013). DOI: 10.3109/08958378.2013.850127.

12 Morakinyo, O., Mokgobu, M., Mukhola, M. & Hunter, R. Health outcomes of exposure to biological and chemical components of inhalable and respirable particulate matter. Int. J. Environ. Res. Public Health 13, 592 (2016). DOI: 10.3390/ijerph13060592.

13 منظّمة الصحّة العالمية. 2006. منظّمة الصحّة العالمية. دليل منظّمة الصحّة العالمية لنوعية الهواء – أحدث المعلومات العالمية لعام 2005. متوفّر عبر الرابط التالي:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf?ua=1 [تاريخ زيارة الرابط: 16 كانون الثاني/يناير 2020].

14 Lelieveld, J., Evans, J., Fnais, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 25, 367–371 (2015). DOI: 10.1038/nature15371

15 Zyrichidou, I., Koukouli, M., Balis, D., Markakis, K., Poupkou, A., Katragkou, E., Kioutsioukis, I., Melas, D., Boersma, K., van Roozendael, M. Identification of surface NOx emission sources on a regional scale using OMI NO2. Atmos. Environ. 101, 82-93 (2015). DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.11.023

16 Squizzato, S., Cazzaro, M., Innocente, E., Visin, F., Hopke, P. & Rampazzo, G. Urban air quality in a mid-size city — PM2.5 composition, sources and identification of impact areas: From local to long range contributions. Atmos. Res. 186, 51–62 (2017). DOI: 10.1016/J.ATMOSRES.2016.11.011

17 https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2

18 الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة. تكاليف توليد الطاقة المتجدّدة في 2018.
Renewable Power Generation Costs in 2018 . الوكالة الدولية للطاقة المتجدّدة. أبو ظبي (2019).
Farfan, J, and Breyer, C. Structural changes of global power generation capacity towards sustainability and the risk of stranded investments supported by a sustainability indicator. Journal of Cleaner Production 14, 370-384 (2017).

19 Wang, B., Xu, D., Jing, Z., Liu, D., Yan, S. & Wang, Y. Effect of long-term exposure to air pollution on type 2 diabetes mellitus risk: a systemic review and meta-analysis of cohort studies. Eur. J. Endocrinol. 171, R173–R182 (2014).

20 Cohen, A. J. et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet 389, 1907–1918 (2017).

21 Han, M.-H., et al. Association between hemorrhagic stroke occurrence and meteorological factors and pollutants. BMC Neurol. 16, 59 (2016).

22 Sunyer, J. & Dadvand, P. Pre-natal brain development as a target for urban air pollution. Basic Clin. Pharmacol. Toxicol. 125, Suppl 3, 81–88 (2019).

23 pollution. Basic Clin. Pharmacol. Toxicol. 125, Suppl 3, 81–88 (2019).

24 Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnai, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 525, 367–371 (2015).

25 Park, M. et al. Differential toxicities of fine particulate matters from various sources. Sci. Rep. 8, 17007 (2018).

26 Li, J. et al. Differing toxicity of ambient particulate matter (PM) in global cities. Atmos. Environ. 212, 305–315 (2019).

27 Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnai, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 525, 367–371 (2015).

28 Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnai, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 525, 367–371 (2015).

29 Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnai, M., Giannadaki, D. & Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 525, 367–371 (2015).

30 منظّمة الصحّة العالمية، 2006. دلائل منظّمة الصحّة العالمية لنوعية الهواء فيما يخصّ المواد الجُسيمية والأوزون وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت: أحدث المعلومات العالمية لعام 2005: ملخّص نتائج تقييم عوامل الاختطار (الرقم WHO/SDE/PHE/OEH/06.02) جنيف: منظّمة الصحّة العالمية

31 منظّمة الصحّة العالمية "استشارة خبراء منظّمة الصحّة العالمية: الأدلة المتوفّرة لتحديث دلائل منظّمة الصحّة العالمية لنوعية الهواء"
"WHO expert consultation: available evidence for the future update of the WHO global air quality guidelines (AQGs)." منظّمة الصحّة العالمية: جنيف، سويسرا (2016).

32 منظّمة الصحّة العالمية. "تلوّث الهواء: تلوّث الهواء المُحيط – خطرٌ كبير مُحدق بالصحّة والمناخ" Air pollution: Ambient air pollution - a major threat to health and climate.' منظّمة الصحّة العالمية، 2020. متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.who.int/airpollution/ambient/en/.[تاريخ زيارة الرابط 8 كانون الثاني/يناير2020]

33 Shindell, D. & Smith, C.J. Climate and air-quality benefits of a realistic phase-out of fossil fuels. Nature 573, 408–411 (2019).

34 Watts N., et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. Lancet 386, 1861–1914 (2015).

35 Williams, M.L., et al. Public health air pollution impacts of pathway options to meet the 2050 UK Climate Change Act target: a modelling study. Public Health Research 6.7 (2018).

36 Lelieveld, J., et al. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. PNAS 116, 7192–7197 (2019).

37 Larkin, A., et al. Global land use regression model for nitrogen dioxide air pollution. Environmental science & technology 51.12: 6957-6964. (2017)

38 منظّمة الصحّة العالمية. توصيات مشروع المخاطر الصحّية لتلوّث الهواء في أوروبا HRAPIE بشأن الدالّات الحسابية التي تربط بين نِسَب التركيز والاستجابة لتحليل تكاليف وفوائد المواد الجُسيمية والأوزون وثنائي أكسيد النتروجين
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. مدينة الأمم المتّحدة: كوبنهاغن، الدانمارك (2013).

39 Burnett, R, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences 115.38: 9592-9597. (2018).

40 Malley CS,Daven K. Henze,Johan C.I. Kuylenstierna,Harry W. Vallack,Yanko Davila,Susan C. Anenberg,Michelle C. Turner,and Mike R. Ashmore 2017: Updated Global Estimates of Respiratory Mortality in Adults ≥30Years of Age Attributable to Long-Term Ozone Exposure. Environmental Health Perspectives 125:8 CID: 087021 https://doi.org/10.1289/EHP1390

41 Silver, B., et al. "Substantial changes in air pollution across China during 2015–2017." Environmental Research Letters 13.11 (2018): 114012.

42 Shindell, D. & Smith, C.J. Climate and air-quality benefits of a realistic phase-out of fossil fuels. Nature 573, 408–411 (2019).

43 Watts, N. et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. The Lancet 386, 1861–1914 (2015).

44 وكالة حماية البيئة الأميركية: مكتب الهواء والإشعاع. منافع قانون منع تلوّث الهواء وتكاليفه من 1990 حتّى 2020.
The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020.
متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf (2011) [تاريخ زيارة الرابط: 9 كانون الثاني/يناير 2020].

45 Landrigan, P. J. et al. The Lancet Commission on pollution and health. The Lancet 391, 10119, 462–512 (2018).

46 https://www.greenpeace.org/international/story/24312/the-future-of-transport-is-zero-carbon/

47 Teske, S. et al. the Energy [R]evolution (5th edition). Greenpeace International, Global Wind Energy Council & Solar Power Europe (2015).
متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.duesseldorf.greenpeace.de/sites/www.duesseldorf.greenpeace.de/files/greenpeace_energy-revolution_erneuerbare_2050_20150921.pdf
[تاريخ زيارة الرابط: 8 كانون الثاني/يناير 2020].

48 Watts N., et al. Health and climate change: Policy responses to protect public health. Lancet 386, 1861–1914. (2015).

49 Keegan, M. 'Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quietens Chinese megacity'. The Guardian December 12, 2018.
متوفّر عبر الرابط التالي:
https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/cleaner-buses [تاريخ زيارة الرابط: 8 كانون الثاني/يناير 2020].

50 Keegan, M. 'Shenzhen's silent revolution: world's first fully electric bus fleet quietens Chinese megacity'. The Guardian. December 12, 2018.
للمراجعة:
https://www.london.gov.uk/what-we-do/environment/pollution-and-air-quality/cleaner-buses [Accessed January 8, 2020].

51 https://new.mta.info/system_modernization/sustainabletransit

52 https://www.oslo.kommune.no/politics-and-administration/green-oslo/best-practices/car-free-city/#gref

53 Nieuwenhuijsen, M. J. & Khreis, H. Car free cities: Pathway to healthy urban living. Environ. Int. 94, 251–262 (2016).

54 Masiol, M. Thirteen years of air pollution hourly monitoring in a large city: Potential sources, trends, cycles and effects of car-free days. Sci. Total Environ. 494–495, 84–96 (2014).

55 https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/gp_cleanairnow_carindustryreport_full_v5_0919_72ppi_0.pdf

56 https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2018/01/1b96c158-air_pollution-transport_report-2018.pdf

57 Montes, F. et al. Do Health Benefits Outweigh the Costs of Mass Recreational Programs? An Economic Analysis of Four Ciclovía Programs. J. Urban Health 89, 153–170 (2012).

58 Triana, C. A. et al. Active streets for children: The case of the Bogotá Ciclovía. PLoS One 14, e0207791 (2019).

59 Montes, F. et al. Do Health Benefits Outweigh the Costs of Mass Recreational Programs? An Economic Analysis of Four Ciclovía Programs. J. Urban Health 89, 153–170 (2012).

60 Engelberg, J. A., et al. Ciclovía Participation and Impacts in San Diego, CA: The First CicloSDias. Prev Med. 69, S66–S73 (2014).

61 Lelieveld, J., et al. Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. PNAS 116, 7192–7197 (2019).

62 Millstein, D., Wiser, R, Bolinger, M. & Barbose, G. The climate and air-quality benefits of wind and solar power in the United States. Nature Energy 2, 17134 (2017).

63 Strasert, B., Teh, S. C. & Cohan, D. S. Air quality and health benefits from potential coal power plant closures in Texas. J. Air & Waste Manage. 69, 333–350 (2019).

64 Millstein, D., Wiser, R, Bolinger, M. & Barbose, G. The climate and air-quality benefits of wind and solar power in the United States. Nature Energy 2, 17134 (2017).

65 Kalia, V., Perera, F. & Tang, D. Environmental Pollutants and Neurodevelopment: Review of Benefits From Closure of a Coal-Burning Power Plant in Tongliang, China. Global Pediatric Health (2017).

66 Russell, M. C., Belle, J. H. & Liu, Y. The impact of three recent coal-fired power plant closings on Pittsburgh air quality: A natural experiment. Journal of the Air & Waste Management Association, 67, 3–16 (2017).

67 Dockery, D.W., et al. Effect of air pollution control on mortality and hospital admissions in Ireland. Research Report 176. Health Effects Institute, Boston, MA (2013).

68 Strasert, B., Teh, S. C. & Cohan, D. S. Air quality and health benefits from potential coal power plant closures in Texas. J. Air & Waste Manage. 69, 333–350 (2019).

69 Lelieveld, J., Evans, J., Fnais, M. et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 525, 367–371 (2015).

70 Larkin, A., et al. Global land use regression model for nitrogen dioxide air pollution. Environmental science & technology 51.12: 6957-6964. (2017)

71 Levy, R, et al. MODIS Atmosphere L2 Aerosol Product. NASA MODIS Adaptive Processing System, Goddard Space Flight Center, USA: http://dx.doi.org/10.5067/MODIS/MOD04_L2.006 (2015).

72 GBD 2017 Mortality Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. The Lancet. 392:1684-735. (2018).

73 Anenberg, Susan C., et al. Estimates of the Global Burden of Ambient PM2.5, Ozone, and NO2 on Asthma Incidence and Emergency Room Visits. Environmental health perspectives 126.10: 107004. (2018).

74 Chawanpaiboon S, Vogel JP, Moller AB, Lumbiganon P, Petzold M, Hogan D, Landoulsi S, Jampathong N, Kongwattanakul K, Laopaiboon M, Lewis C, Rattanakanokchai S, Teng DN, Thinkhamrop J, Watananirun K, Zhang J, Zhou W, Gülmezoglu AM 2019: Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis. Lancet Glob Health 7(1):e37-e46. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30451-0

75 World Bank: https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups

76 Burnett, R, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences 115.38: 9592-9597. (2018).

77 Burnett R et al 2018: Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Sciences Sep 2018, 115 (38) 9592-9597; DOI: 10.1073/pnas.1803222115

78 Cohen, A. J. et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet 389, 1907–1918 (2017).

79 الوكالة الأوروبية للبيئة: كلفة تلوّث الهواء في المصانع الأوروبية – تقييم جرى تحديثه – تقرير الوكالة التقني رقم 20/2014.
Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2012 — an updated assessment. EEA Technical report No 20/2014. https://www.eea.europa.eu/publications/costs-of-air-pollution-2008-2012

80 منظّمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي: تداعيات تلوّث الهواء الخارجي
The Economic Consequences of Outdoor Air Pollution, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264257474-en (2016)

81 Cohen, A. J. et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. Lancet 389, 1907–1918 (2017).

82 Birchby D, Stedman J, Whiting S, Vedrenne M: Air Quality damage cost update 2019. Report for Defra. AQ0650. Ricardo Energy & Environment, United Kingdom. (2019)

83 Brandt SJ, Perez L, Künzli N, Lurmann F, McConnell R 2012: Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. European Respiratory Journal Aug 2012, 40 (2) 363-370; DOI: 10.1183/09031936.00157811.

84 Anenberg, Susan C., et al. Estimates of the Global Burden of Ambient PM2.5, Ozone, and NO2 on Asthma Incidence and Emergency Room Visits. Environmental health perspectives 126.10: 107004. (2018).

85 Trasande L, Malecha P, Attina TM 2016: Particulate Matter Exposure and Preterm Birth: Estimates of U.S. Attributable Burden and Economic Costs. Environmental Health Perspectives 124:12. https://doi.org/10.1289/ehp.1510810

86 منظّمة الصحّة العالمية. مخاطر تلوّث الهواء على الصحّة في أوروبا- توصيات مشروع مخاطر تلوّث الهواء على الصحّة في أوروبا للدالّات الحسابية لتحليل الفائدة – الكلفة المرتبطة بالمواد الجُسيمية، والأوزون، وثاني أكسيد النتروجين.
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. UN City: Copenhagen, Denmark (2013).

87 منظّمة الصحّة العالمية. مخاطر تلوّث الهواء على الصحّة في أوروبا- توصيات مشروع مخاطر تلوّث الهواء على الصحّة في أوروبا للدالّات الحسابية لتحليل الفائدة – الكلفة المرتبطة بالمواد الجُسيمية، والأوزون، وثاني أكسيد النتروجين.
Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2012 — an updated assessment. EEA Technical report No 20/2014. https://www.eea.europa.eu/publications/costs-of-air-pollution-2008-2012

88 Zheng, Xue-yan, et al. "Association between air pollutants and asthma emergency room visits and hospital admissions in time series studies: a systematic review and meta-analysis." PloS one 10.9 (2015).

89 Trasande L, Malecha P, Attina TM 2016: Particulate Matter Exposure and Preterm Birth: Estimates of U.S. Attributable Burden and Economic Costs. Environmental Health Perspectives 124:12. https://doi.org/10.1289/ehp.1510810

90 Dadvand P et al. 2013: Maternal Exposure to Particulate Air Pollution and Term Birth Weight: A Multi-Country Evaluation of Effect and Heterogeneity. Environmental Health Perspectives. https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.1205575?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed

91 Malley CS,Daven K. Henze,Johan C.I. Kuylenstierna,Harry W. Vallack,Yanko Davila,Susan C. Anenberg,Michelle C. Turner,and Mike R Ashmore 2017: Updated Global Estimates of Respiratory Mortality in Adults ≥30Years of Age Attributable to Long-Term Ozone Exposure. Environmental Health Perspectives 125:8 CID: 087021 https://doi.org/10.1289/EHP1390

92 World Health Organization. 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. UN City: Copenhagen, Denmark (2013).

93 Achakulwisut, Pattanun, et al. "Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO2 pollution: estimates from global datasets." The Lancet Planetary Health 3.4 (2019): e166-e178.

94 Anenberg, Susan C., et al. Estimates of the Global Burden of Ambient PM2.5, Ozone, and NO2 on Asthma Incidence and Emergency Room Visits. Environmental health perspectives 126.10: 107004. (2018).

95 Chawanpaiboon S, Vogel JP, Moller AB, Lumbiganon P, Petzold M, Hogan D, Landoulsi S, Jampathong N, Kongwattanakul K, Laopaiboon M, Lewis C, Rattanakanokchai S, Teng DN, Thinkhamrop J, Watananirun K, Zhang J, Zhou W, Gülmezoglu AM 2019: Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis. Lancet Glob Health 7(1):e37-e46. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30451-0

96 World Bank: https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups

97 GBD 2017 Mortality Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality and life expectancy, 1950–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. The Lancet. 392:1684-735. (2018).

98 European Environment Agency (EEA) 2014: Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2012 — an updated assessment. EEA Technical report No 20/2014. https://www.eea.europa.eu/publications/costs-of-air-pollution-2008-2012

غرينبيس منظمة بيئية عالمية، تعمل من أجل تغيير العادات والسلوك، بهدف حماية البيئة والمحافظة عليها ولنشر السلام.

غرينبيس الشرق الأوسط و شمال إفريقيا
المتحف، شارع دمشق،
مجمّع بيريتك، مبنى التكنولوجيا، الطابق التاسع،
بيروت، لبنان