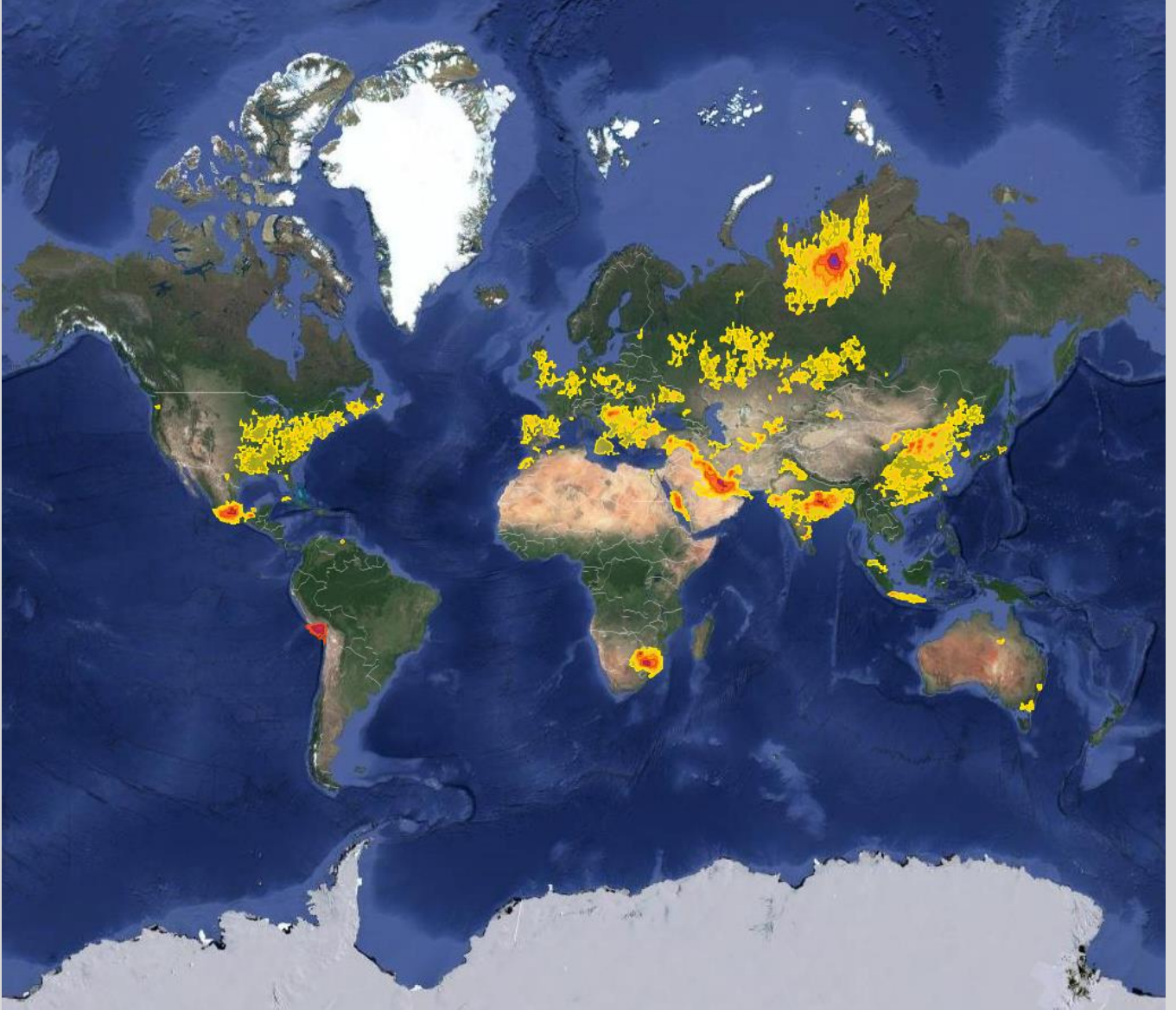


قاعدة البيانات العالمية للنقاط الساخنة التي تشهد أعلى معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت

أسوأ مصادر التلوث بثاني أكسيد الكبريت في العالم



**GREENPEACE**  
غرينبيس



## المحتويات

---

3	..... الملخص التنفيذي
5	..... المقدمة
6	..... المنهجية
7	..... البيانات والتحليل
17	..... آفاق المستقبل
18	..... الحواشي

قاعدة البيانات العالمية للنقاط الساخنة التي تشهد أعلى معدلات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت  
تصنيف أسوأ مصادر التلوث بثاني أكسيد الكبريت في العالم



#### كتابة:

سونيل داهييا ولوري ميليفيرتا

#### مع مساهمات من:

شينبي شان، أندرياس أنهوسر، ايدان فارو، مينوو سون، فلسطين دويكات، جوليان جريصاتي، جوناثان مويلان، بابلو راميريز، غوخان ايروسي، رشيد عليموف، واريسا سيهيرونونونغ، بوجاريني سان، ميليتا ستيله، تاتا موستاسيا، ميغلينا أنطونوفا

#### تنقيح الانكليزي:

كيت فورد، ناندكش سيفالينغام، سارة عايش، إيمي جايكويسن

#### تنقيح العربي:

فلسطين دويكات، جوليان جريصاتي، دانيا شري

#### نشر:

غرينبيس الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

لمزيد من المعلومات، يُرجى الاتصال:

[iaw@greenpeace.org](mailto:iaw@greenpeace.org)

#### صورة الغلاف:

لقطة من خارطة تُبيّن النقاط الساخنة لأهمّ مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، على خلفية من برنامج الخرائط Google Maps ، بالاستناد إلى قاعدة بيانات جهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا @لوري ميليفيرتا/غرينبيس

محطات توليد الطاقة التي تحرق الفحم والنفط مسؤولة عن ثلثي انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ التي تراقبها الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (وكالة ناسا). (أما مصافي النفط ومصاهر المعادن فهي المصادر الرئيسية الأخرى لهذه الانبعاثات حول العالم.

## الملخص التنفيذي

وعلى مستوى المناطق/المقاطعات، تشهد كراسنويارسك في روسيا أعلى مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ على مستوى العالم، تليها منطقة مكة المكرمة في المملكة العربية السعودية ومحافظة ميوالانغا في جنوب أفريقيا.

ويُظهر تصنيف الدول أنّ الهند تشكل أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العالم، حيث تساهم بأكثر من 15% من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في العالم، وفقاً للمصادر الموقعية التي تراقبها وكالة ناسا. وتحتلّ المملكة العربية السعودية المرتبة الأولى بين الدول العربية والمرتبة السادسة عالمياً من حيث انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، تليها الإمارات العربية المتحدة (في المرتبة الرابعة عشرة)، ثمّ قطر (في المرتبة الخامسة عشرة)، ثمّ الكويت (في المرتبة السابعة عشرة)، ثمّ العراق (في المرتبة الثالثة والعشرين)، ثمّ المغرب (في المرتبة الخامسة والعشرين).

ما زالت انبعاثات ملوثات الهواء الناتجة عن محطات توليد الطاقة والصناعات الأخرى تزداد في الهند والمملكة العربية السعودية وإيران. أما في روسيا وجنوب أفريقيا والمكسيك وتركيا فالانبعاثات لا تزداد حالياً، لكن لم يتمّ إحراز تقدّم ملحوظ في معالجتها. فالانتقال نحو هواءٍ أنظف في هذه الدول يُعيقه الاعتماد المفرط على الفحم والنفط، وضعف المعايير التي تُنظّم الانبعاثات أو عدم تنفيذها.

تلوث الهواء يمثل أحد أكبر الطوارئ التي تهدد الصحة العامة، حيث يعيش أكثر من 90% من سكان العالم ضمن مناطق يُعتبر الهواء فيها غير آمن.

ومع ذلك، فإنّ قلةً من الدول والمناطق التي تعاني من أسوأ نوعية للهواء تعتمد قوائم جرد شاملة لمصادر هذا التلوث. لكنّ بيانات الأقمار الصناعية تسمح لنا بالكشف عن أسوأ مصادر الانبعاثات الملوثة بغض النظر عن موقعها.

يحلل هذا التقرير بيانات وكالة ناسا المتعلقة بأبرز مواقع مصادر انبعاثات لثاني أكسيد الكبريت، وهو أحد الملوثات الرئيسية التي تساهم في الوفيات الناجمة عن تلوث الهواء حول العالم. ويضم التقرير [خارطة تفاعلية](#) على الانترنت لأسوأ مصادر التلوث بثاني أكسيد الكبريت في العالم، ما يسمح بمعرفة المزيد من التفاصيل عن النقاط الساخنة لمصادر الانبعاثات في مختلف المناطق.

محطات توليد الطاقة التي تحرق الفحم والنفط مسؤولة عن ثلثي انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ التي تراقبها وكالة ناسا. أما مصافي النفط ومصاهر المعادن فهي المصادر الرئيسية الأخرى لهذه الانبعاثات.

توجد أهمّ النقاط الساخنة التي تتركز فيها مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في روسيا وجنوب أفريقيا وإيران والمملكة العربية السعودية والهند والمكسيك والإمارات العربية المتحدة وتركيا وصربيا.

طريق إجراء تحسينات هامة في المعايير الخاصة بالانبعاثات وتنفيذ الرقابة على ثاني أكسيد الكبريت.

بينما تمكّنت الصين والولايات المتحدة الأمريكية من خفض الانبعاثات بسرعة. إذ استطاعت هاتان الدولتان تحقيق ذلك من خلال التحوّل إلى مصادر الطاقة النظيفة، ولقد نجحت الصين بشكل خاصّ في ذلك عن

## المقدمة

يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع ملوثات الهواء الأخرى فتتشكّل بالتالي جزيئات الكبريتات. هذه الجسيمات الدقيقة هي الملوّث الأكثر تأثيرًا على الصحة العامة من بين ملوثات الهواء لأنّها عبارة عن مزيج من مختلف أنواع التلوّث التي تتراوح بين المعادن الثقيلة والملوثات الغازية الثانوية مثل الكبريتات والنترات. تتّصف هذه الملوثات بحجمٍ صغيرٍ جدًا يسمح لها بالوصول إلى أماكن أعمق في أعضائنا وخلايانا، فتُلحق الضرر بكلّ عضو في الجسم، وتتسبّب بمشاكل كثيرة، منها مشاكل الحَزَف والخصوبة، وصولًا إلى خفض درجة الذكاء والتسبّب بأمراض القلب والرئة.<sup>vi</sup>

أكبر مصدر لثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي هو احتراق الوقود الأحفوري في محطّات توليد الطاقة وغيرها من المنشآت الصناعية. وهناك مصادر أخرى تتسبّب بانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت على نطاقٍ أصغر، وهي تشمل العمليات الصناعية مثل استخراج المعادن من المواد الخام؛ والمصادر الطبيعية مثل البراكين؛ والقاطرات والسُغُن وغيرها من المركبات والمعدّات الثقيلة التي تحرق الوقود المحتوي على نسبة عالية من الكبريت. تشير التقديرات

إلى أنّ ثاني أكسيد الكبريت يشكّل بالإجمال أكثر من 10% من الجزيئات الدقيقة في الصين<sup>vii</sup> والهند<sup>viii</sup>، وغالبًا ما ترتفع النسبة ارتفاعًا ملحوظًا خلال فترات التلوّث الشديد.<sup>ix</sup> ولمعالجة هذه المشكلة معالجةً مناسبة، لا بدّ من فهم مداها وأسبابها. فأين هي النقاط الساخنة التي ترتفع فيها نسبة التلوّث، وما هي المصادر التي تساهم في هذا التلوّث، وكيف تراكمت مع مرور الزمن، وكيف تتوزّع الانبعاثات بين مناطق العالم؟

في كلّ سنة، يموت 4.2 مليون شخص في عمرٍ مبكرٍ من جرّاء تلوّث الهواء الخارجي، إلى جانب 3.2 مليون شخص آخرين ممّن يموتون بسبب تلوّث الهواء الداخلي في الأماكن المغلقة (2016)، وذلك وفقًا لمنظمة الصحة العالمية.<sup>x</sup> ولقد ورد في التقرير نفسه الصادر عن منظمة الصحة العالمية أنّ 91% من سكّان العالم يعيشون في مناطق تتجاوز المبادئ التوجيهية لنوعية الهواء الخاصة بمنظمة الصحة العالمية. وعلى عكس التحسينات التي طرأت على نوعية الهواء ضمن الأماكن المغلقة منذ التسعينيات<sup>xi</sup>، لا يزال تلوّث الهواء المحيط الناجم عن تزايد احتراق الوقود الأحفوري يمثل مشكلةً كبيرة في جميع أنحاء العالم.

أشارت تقديرات البنك الدولي مؤخرًا إلى أنّه في العام 2013، أدّى التعرّض للهواء الملوّث في الجوّ في الأماكن المغلقة إلى فرض تكلفةٍ إضافية على الاقتصاد العالمي تبلغ نحو 5.11 تريليون دولار كخسائر. ومن حيث الحجم، كانت خسائر الرفاه في جنوب آسيا وفي شرق آسيا والمحيط الهادئ تُعادل 7.4 في المئة و7.5 في المئة من الناتج المحلي الإجمالي للمنطقة، على التوالي<sup>xii</sup>. ويستمرّ ارتفاع خسائر الرفاه الناتجة عن تلوّث الهواء، ما يثير قلقًا متزايدًا للدول في جميع أنحاء العالم.

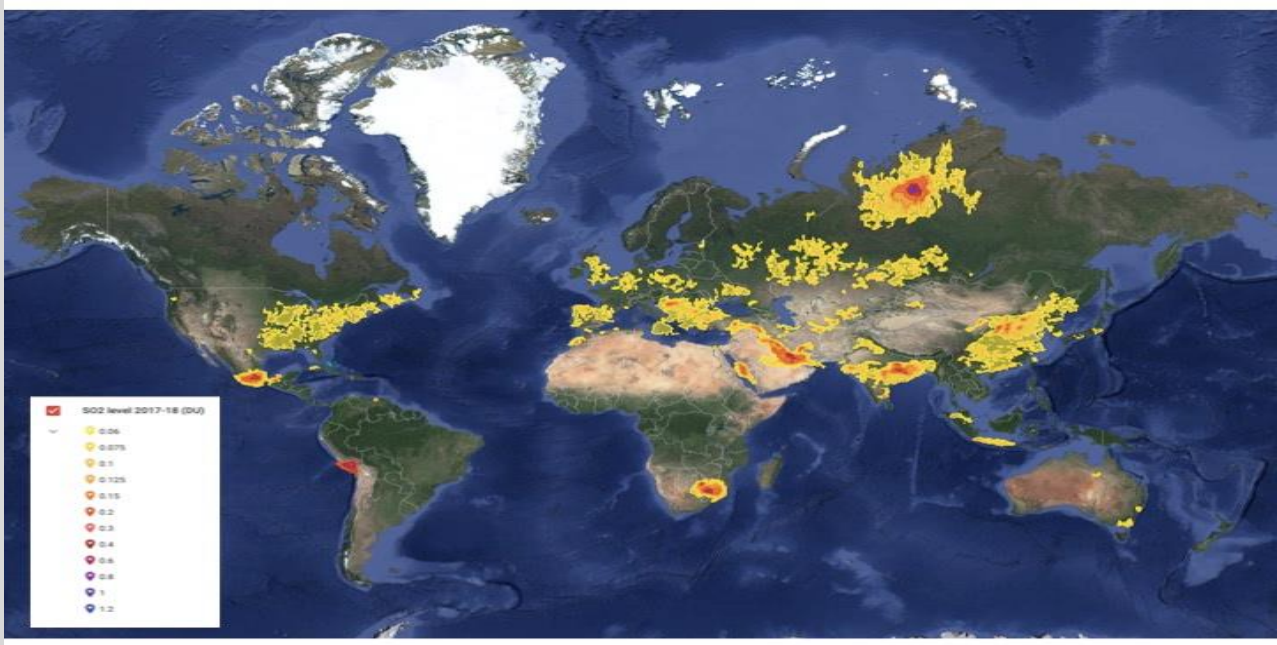
تُعتبر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من العوامل الرئيسية المساهمة في تلوّث الهواء. يتمّ إطلاق ثاني أكسيد الكبريت أثناء حرق المواد التي تحتوي على الكبريت، والكبريت موجود في جميع أنواع الفحم والنفط بنسب متفاوتة. يرتبط تأثير ثاني أكسيد الكبريت على الصحة بالتعرّض المباشر لثاني أكسيد الكبريت وأيضًا التعرّض للجسيمات الدقيقة (PM<sub>2.5</sub>) التي تتكوّن عندما

## المنهجية

ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ. ومُنما بتتقيق مجموعة البيانات هذه، من خلال تقسيم مصادر الانبعاثات في كل نقطة من النقاط الساخنة إلى عدة فئات، مثلاً: الفحم، والنفط والغاز، والمصاهر (مع تعديل التصنيف الأصلي لوكالة ناسا). وأصغنا أيضاً تفاصيل عن الصناعات ذات النطاق الأصغر، وكذلك أكبر مصدر للانبعاثات في المنطقة. وبهذه الطريقة، توضّحت بشكل أفضل مساهمات كل مصدر من مصادر الانبعاثات، بدلاً من التركيز فقط على أكبر مصدر للانبعاثات. واعتدنا أسماء النقاط الساخنة من قاعدة البيانات الخاصة بوكالة ناسا لإظهار المنطقة على شكل عدة نقاط ساخنة بدلاً من إظهار أكبر مُلوّث في المنطقة فقط. وتتوفّر [خريطة تفاعلية](#) تُبيّن الكميات الأصلية لعمود ثاني أكسيد الكبريت بحسب جهاز رصد الأوزون، إلى جانب مواقع مصادر الانبعاثات المستخرجة (يوضح الرسم 1 لقطة من تلك الخريطة).

يقوم القمر الصناعي الخاص بجهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا برصد نوعية الهواء من الفضاء منذ العام 2004 بدرجة عالية من الدقة. تسمح لنا هذه التغطية العالمية بتحديد النقاط الساخنة التي ترتفع فيها نسبة التلوّث والتي ليست مُدرّجة في قوائم جرد الانبعاثات. بالإضافة إلى ذلك، ومن خلال مقارنة مستويات ثاني أكسيد الكبريت باتجاه الرياح وبعكس اتجاه الرياح، تمكّنت وكالة ناسا من قياس الانبعاثات من المصادر الموقعية الكبيرة وتحققت من صحة النتائج من خلال قياسات ميدانية في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي.<sup>xi,x</sup>

نستخدم دليل مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت ("إعداد سجلات بيانات النظام الأرضي من أجل استخدامها في بيئات البحث")<sup>xii</sup> لتحديد الدول والمناطق الإدارية والمصادر الموقعية التي تسجّل أعلى معدلات انبعاثات



الرسم: 1 أماكن وجود النقاط الساخنة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بحسب جهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا. يُرجى مراجعة الخريطة التفاعلية

على الرابط التالي <https://bit.ly/30inNie>

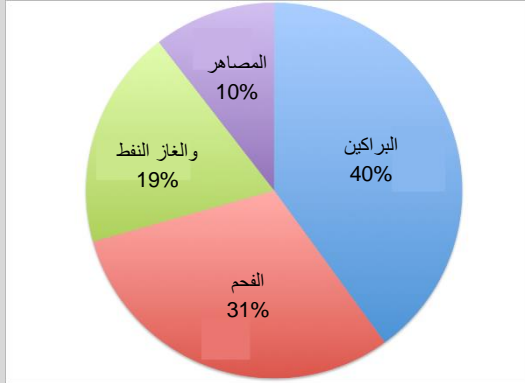
## البيانات والتحليل

الفحم لتوليد الطاقة وللصناعة، والمناطق التي تكثُر فيها عمليات تكرير/حرق النفط والغاز، والمناطق التي تكثُر فيها المصاهر بـ31% و19% و10% من الانبعاثات على التوالي (الرسم 2، الجدول 1).

في حالات كثيرة، لا يمكن أن ننسب إجمالي الانبعاثات في منطقة معينة إلى مصدر واحد محدد، إذ إن الانبعاثات من المصادر الكبيرة قد تحبُج الانبعاثات من المصادر الأصغر القريبة منها. لذلك، في حال وجود عدّة صناعات ضمن المجموعة الواحدة، نأخذ المصادر الأكبر باعتبار يمثُل جميع المصادر الأخرى.

سجّلت بيانات القمر الصناعي الخاصّ بجهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا أكثر من 500 مصدر موقعي رئيسي لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في جميع أنحاء العالم، ومن بينها المصادر الطبيعية مثل البراكين. بعد استثناء جميع المصادر الطبيعية من تحليلنا والبحث فقط في مصادر ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ، وجدنا أنّ ارتفاع مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالمناطق التي تشهد استهلاكاً عاليًا للوقود الأحفوري، أي المناطق الجغرافية التي تكثُر فيها عمليات حرق الفحم واحتراق النفط وتكريره، بالإضافة إلى المصاهر.

إنّ ستين في المئة من إجمالي الانبعاثات التي كشف عنها القمر الصناعي هي انبعاثات بشرية المنشأ. تساهم المناطق التي ترتفع فيها نسبة حرق



المصدر	انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العام 2018 (كيلوطن/السنة)
البراكين	19868
الفحم	15217
النفط والغاز	9385
المصاهر	5216

الرسم 2: مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت المحددة من خلال جهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا (كيلوطن/السنة) حول العالم في العام 2018

الجدول 1: أبرز القطاعات التي ساهمت في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في العام 2018



يعود ذلك بالدرجة الأولى إلى الزيادة في تكرير/استهلاك النفط، وبشكل جزئي إلى البطء في تنفيذ واعتماد معايير مشددة لضبط الانبعاثات. فرصت بعض الدول، مثل الصين، أنظمة أكثر تشدداً لضبط الانبعاثات الناجمة عن احتراق الوقود الأحفوري والعمليات الصناعية الأخرى، ما أدى إلى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بشكل كبير و ملحوظ. (الرسم 3).

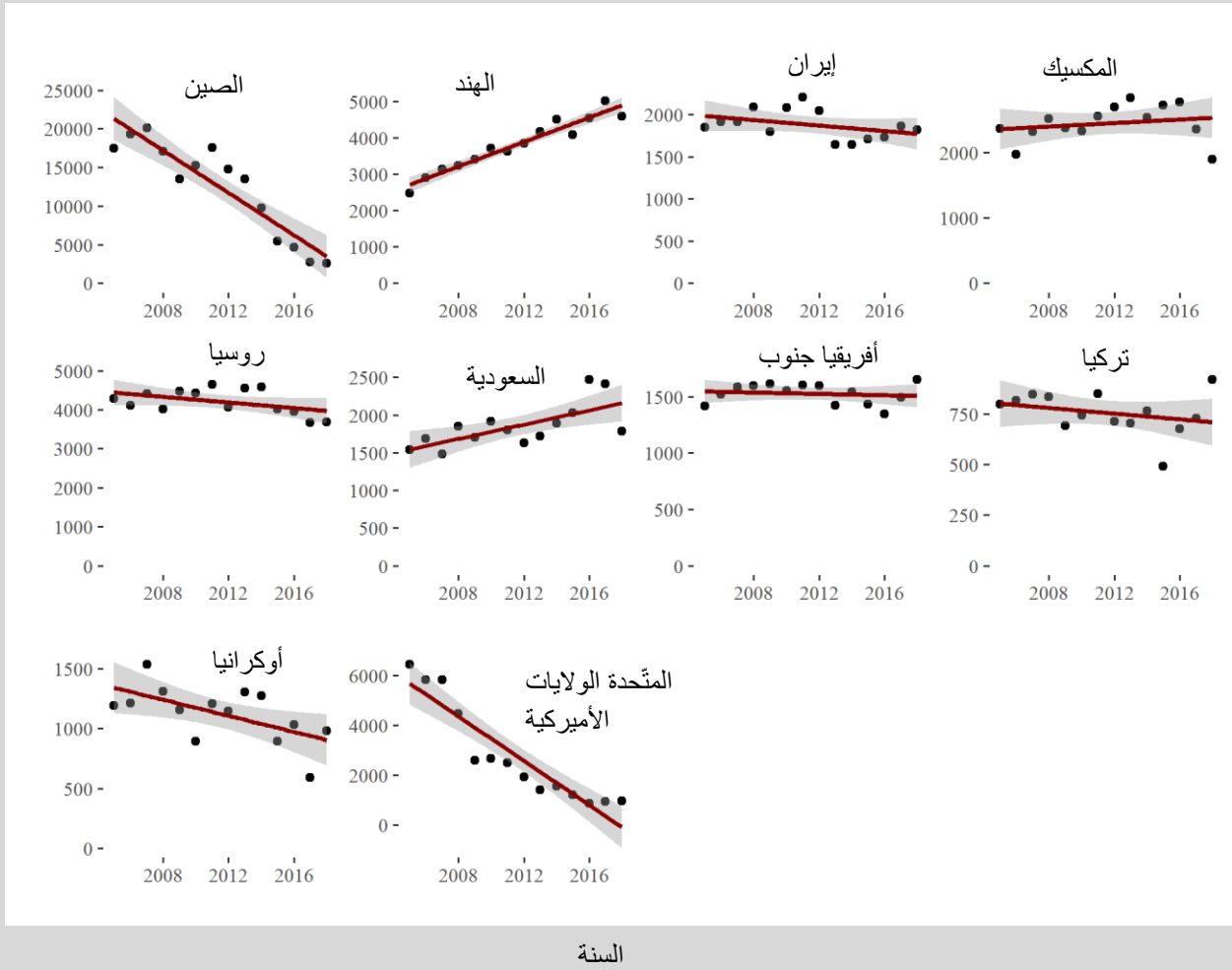
لا يزال موقع مصهر نوريلسك في روسيا يشكل أكبر نقطة ساخنة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في العالم، تليه منطقة كريل في محافظة موبالانغا في جنوب أفريقيا، وزاغروس في إيران (الجدول 3). وتعتبر محطة توليد الطاقة بالنفط والغاز والتجمع الصناعي في محافظة رابغ ضمن منطقة مكة المكرمة في السعودية أكبر نقطة ساخنة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في العالم العربي والرابعة في العالم. ولقد اقترنت هذه النقطة الساخنة من النقاط الساخنة الثلاث الأولى خلال العقد الماضي حيث ازدادت نسبة التلوث فيها بشكل كبير جداً.

**الجدول 2: انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ على صعيد الدول في العام 2018 بحسب تقديرات وكالة ناسا بالاستناد إلى المصادر الموقعية المحددة - الدول الـ 25 الأولى المسببة للانبعاثات**

الدولة	انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من النقاط الساخنة في العام 2018 (كيلوطن/السنة)
1. الهند	4586
2. روسيا	3683
3. الصين	2578
4. المكسيك	1897
5. إيران	1820
6. المملكة العربية السعودية	1783
7. جنوب أفريقيا	1648
8. أوكرانيا	979
9. الولايات المتحدة	967
10. تركيا	919
11. كازاخستان	832
12. أستراليا	696
13. كوبا	637
14. الإمارات العربية المتحدة	406
15. قطر	398
16. صربيا	394
17. الكويت	394
18. أوزبكستان	381
19. بلغاريا	350
20. فنزويلا	340
21. بيرو	305
22. إندونيسيا	298
23. العراق	258
24. البوسنة والهرسك	242
25. المغرب	216

الجدول 3: النقاط الساخنة الـ50 الأولى التي ساهمت في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (كيلوطن/السنة) حول العالم في العام 2018

إسم النقطة الساخنة	انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (كيلوطن/السنة)	29. تشيهاي	215
1. نوريلسك	1898	30. كوراخوفسكايا	214
2. كريل	714	31. سورالايا	213
3. زاغروس	614	32. جبل إيسا - تجمعات التقيب عن النحاس والرصاص والزنك والفضة	207
4. رابغ	515	33. منطقة ماريتسا الشرقية الصناعية	205
5. سينغرولي	507	34. بيتاكالكو	204
6. كانتاريل	461	35. لفان	200
7. ماتيمبا	412	36. مسييد	198
8. ريفورما	407	37. خانكيران	197
9. الشبية	398	38. جزيرة خارج	187
10. جزيرة داس	397	39. نيكارو	184
11. نيفيلي	393	40. غويتيراس	177
12. سرجشمه	384	41. سنغفورة	175
13. تالشير	347	42. فيساخاباتنام	171
14. كيميركوي	340	43. تانغشان	169
15. إيلو	305	44. الجبيل	163
16. جهارسوغودا	301	45. بافلودار	162
17. كوريا	280	46. بغداد	158
18. نيكولا تيسلا	272	47. راماغوندام	157
19. أفشين البستان	271	48. راغار	154
20. الدوحة	269	49. وادي لاتروب	151
21. فريدون	267	50. ينبع	150
22. فولجيرسكا	265		
23. مبارك	243		
24. ليتابو	243		
25. توزلا	242		
26. ماجويا	238		
27. خوسيه	229		
28. كوتش	228		



الرسم 3: الاتجاهات السائدة في انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ بحسب الدولة منذ العام 2005

تسجل الدول مستويات مختلفة من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت بحسب الصناعات المسؤولة عن هذه الانبعاثات الموجودة لديها، بالإضافة إلى التشدد في الأنظمة المتعلقة بالانبعاثات ودرجة تنفيذها.

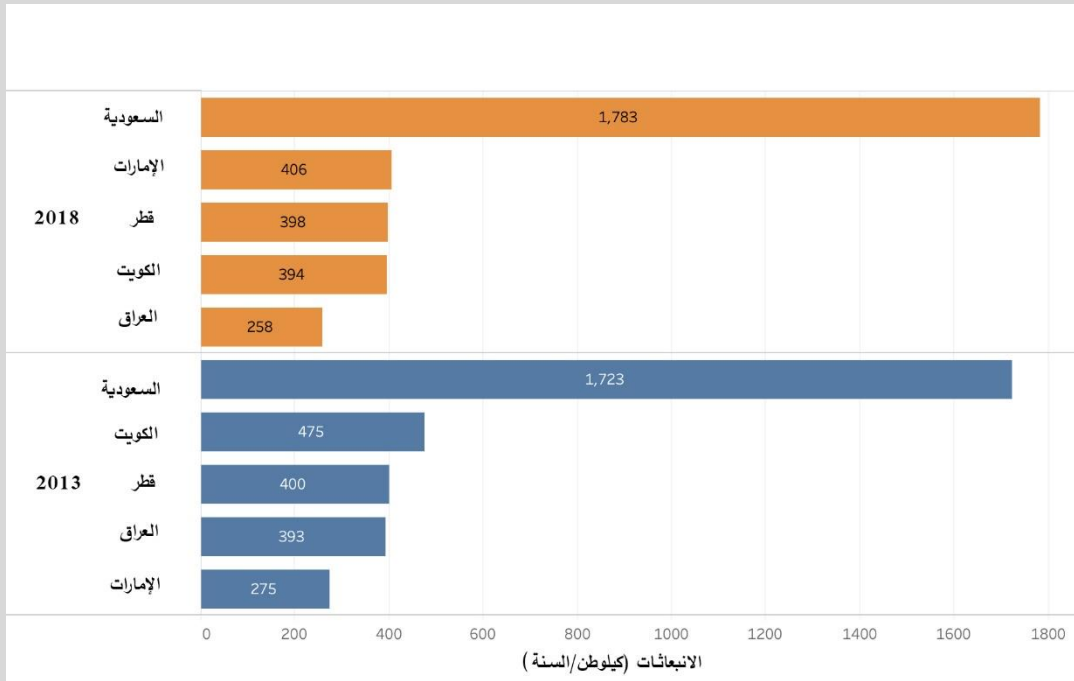
تُناقش أدناه أسوأ مصادر التلوث الناتج عن ثاني أكسيد الكبريت؛ ويمكن الاطلاع على مجموعة البيانات الكاملة باستخدام [الخارطة التفاعلية](#).<sup>xiii</sup>

## المناطق الجغرافية

**السعودية:** تُعتبر السعودية أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (الرسم 4). تقع تجمّعات كبيرة لمصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، بما فيها رابغ والشبية وجدة، ضمن مسافة 120 كلم من مكة المكرمة، وهي إحدى المناطق التي سجّلت أعلى كثافة سكانية في البلاد. بلغت نسبة الانبعاثات من محطّات توليد الطاقة بالنفط ومصافي النفط في هذه المواقع 59% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في السعودية في العام 2018. ويعود سبب تصنيف منطقة مكة المكرمة في المرتبة الثانية على قائمة المناطق/المقاطعات التي تشهد أعلى مستويات لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في العالم (الجدول 4 والرسم 5) إلى ارتفاع كثافة محطّات توليد الطاقة فيها. وتشتمل المصادر الرئيسية الأخرى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في السعودية: محطّات توليد الطاقة والمصافي في الجبيل، وينبع، والهفوف، والرياض، والعمانية، وبريدة

**الهند:** تُعتبر الهند أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العالم، حيث تساهم بأكثر من 15% من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ على الصعيد العالمي بحسب النقاط الساخنة التي كشفتها وكالة ناسا. يعود السبب الرئيسي لارتفاع نسبة الانبعاثات في الهند إلى الاعتماد الكبير على الفحم لتوليد الطاقة الكهربائية خلال العقد الماضي. وتفتقر غالبية المحطّات في الهند إلى تقنية نزع الكبريت من غاز المداخل التي تهدف إلى تخفيض تلوث الهواء. وتتضمّن أبرز النقاط الساخنة في البلد محطّات أو تجمّعات توليد الطاقة الحرارية في سينغولي ونيفيلي وتالشير وجهارسوغودا وكوربا وكوتش وتشينايا وراماغوندام وشاندربور وكورادي.

**الرسم 4: ترتيب الدول الخمس التي سجّلت أعلى انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، في العامين 2013 و2018**



**روسيا:** تُعتبر مصاهر نوريلسك في روسيا مسؤولةً عن

أكثر من 50% من إجمالي الانبعاثات التي تراقبها وكالة ناسا في جميع أنحاء روسيا. وقد سجّلت معظم المواقع الأخرى انخفاضا بسيطاً في نسبة الانبعاثات خلال السنوات الـ15 الماضية. وتتضمن أبرز النقاط الساخنة الأخرى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في روسيا: كاراباش، وأورنبرغ، وكيروفغراد، وأوفا، وكراسنورالسك، حيث تحتوي على المصاهر ومصافي الغاز ومنشآت توليد الطاقة والصناعات التي تعتمد على حرق الفحم.

**الصين:** تتمتع الصين بأكبر قدرة على توليد الطاقة باستخدام

الفحم في العالم. وبالتالي، شكّلت أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت حتى ما يقارب العقد تقريباً. وبعد أن بدأت بتركيب نظم نزع الكبريت من غاز المداخن في قطاع توليد الطاقة الكهربائية عامّة، تحسّنت نوعية الهواء لديها بشكل ملحوظ، لكن تبقى الصين ثالث أكبر مصدر للانبعاثات في العالم.

**أوروبا:** في أوروبا، تبرز ثلاث دول نتيجة انبعاثات ثاني أكسيد

الكبريت فيها - وهي أوكرانيا وصربيا وبلغاريا. تدرج هذه الدول الثلاث ضمن قائمة المصادر الـ20 الأولى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العالم. ومن دون أي استثناء، تُعتبر محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم المصدر الرئيسي لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت المرتفعة في هذه الدول الثلاث. بلغاريا هي الدولة الوحيدة من دول الاتحاد الأوروبي على القائمة. في العام 2017، اعتمد الاتحاد الأوروبي قواعد أكثر تشدداً لضبط الحد الأقصى المسموح به لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في محطات توليد الطاقة التي تعمل على الفحم، لكن بلغاريا تُعارض هذه القواعد الجديدة وتستمر في السماح لمحطاتها بإطلاق انبعاثات تتجاوز ما هو مسموح به قانونياً، كما أنها تسعى إلى الحصول على إعفاءات من القواعد، بدلاً من أن تتخذ الخطوات اللازمة للتخلص التدريجي من الفحم.

**أستراليا:** تقع أبرز النقاط الساخنة للتلوث الناتج عن ثاني أكسيد

الكبريت في أستراليا في جبل إيسا في كوينزلاند، وهو مجمع لعمليات التعدين مع مصاهر للرصااص والنحاس؛ وفي وادي لاتروب في فيكتوريا، وهو مجموعة من محطات توليد الطاقة التي تعمل على الفحم وتقع على بُعد 100-150 كلم من ملبورن، أي ثاني أكبر مركز حضري في أستراليا. وعلى الرغم من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت التي تُعتبر كبيرة على المقياس العالمي، لا تُعتمد حالياً أي حدود قصوى على الصعيد الوطني أو المحلي لضبط انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت من محطات توليد الطاقة في أي ولاية أسترالية، فيبقى النظام الأسترالي لضبط التلوث متأخراً عن أنظمة دول أخرى مثل الصين والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي.

**المكسيك:** تُعتبر حقول النفط في خليج المكسيك من بين أبرز

النقاط الساخنة في العالم. وقد استمر ارتفاع الانبعاثات في هذه المناطق حتى العام 2016، قبل أن تعود لتتخفص لعامين متتاليين في 2017 و2018. وتتضمن النقاط الساخنة الرئيسية الأخرى في البلاد: موقع مصافي ريفورما، وموقع محطات بيتاكالكو لتوليد الطاقة، ومنطقة محطات توليد الطاقة والتكرير حول تولا، التي تساهم في تلوث الهواء في المناطق المجاورة، بما فيها مدينة مكسيكو.

**جنوب أفريقيا:** لا تُعتبر محافظة مبولانغا في جنوب أفريقيا

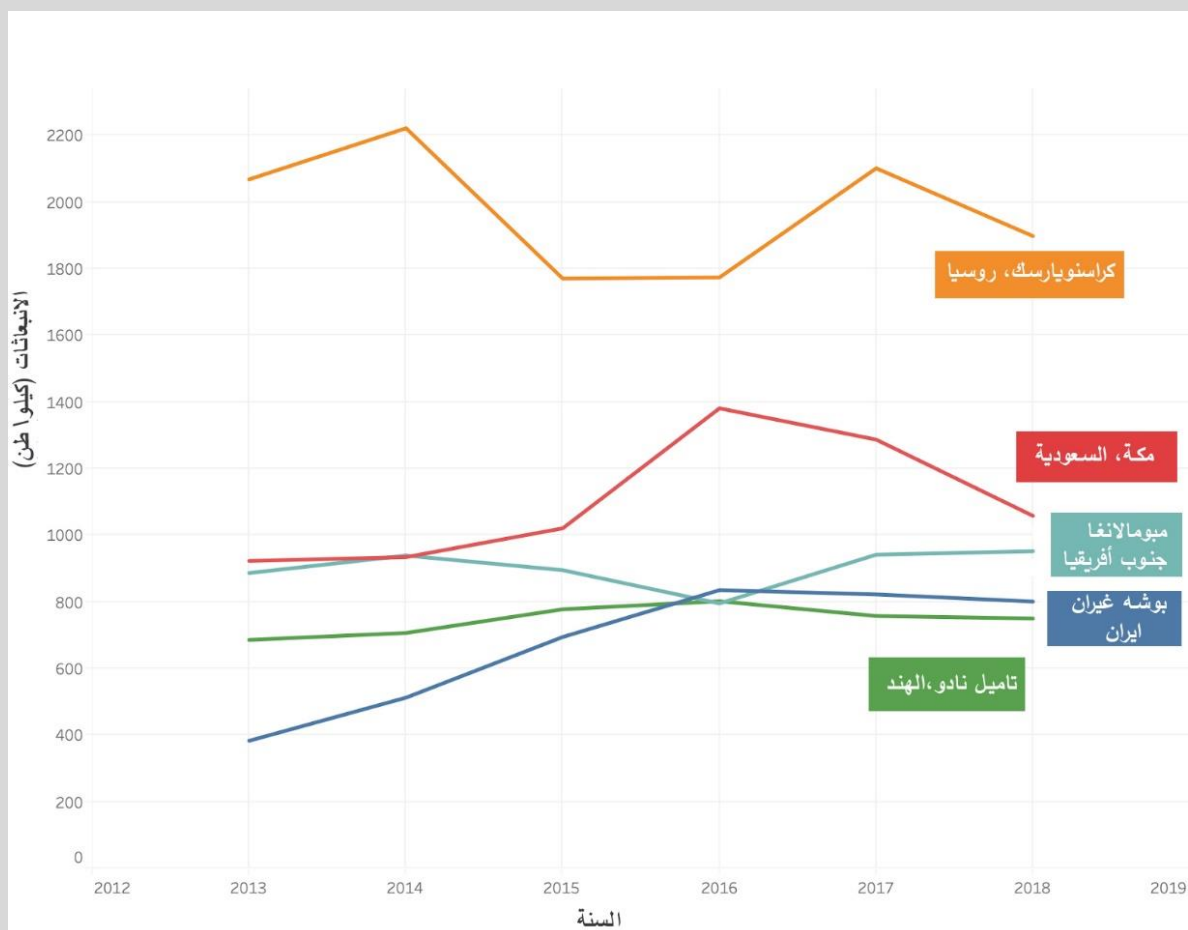
أكبر نقطة ساخنة للتلوث الناتج عن ثاني أكسيد الكبريت في أفريقيا فحسب، بل احتلت تجمّع محطات توليد الطاقة الضخمة في نكانغالا، بما فيها محطات دوفها (3600 ميغاواط) وكيندال (4000 ميغاواط) وكريل (3000 ميغاواط) لتوليد الطاقة بالفحم في منطقة مبولانغا، المرتبة الثانية في العالم في العامين 2017 و2018 لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ. بالإضافة إلى ذلك، توجد 12 محطة لتوليد الطاقة باستخدام الفحم في المنطقة، على بُعد 100-200 كلم من المنطقة الأكثر كثافة سكانية في جنوب أفريقيا، أي مدينة خاوتينغ، الأمر الذي يُثير شواغل صحية كبيرة. وبالتالي، فإن توليد الطاقة من هذه المحطات يجعل من منطقة مبولانغا أكبر نقطة ساخنة لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت الناتج عن توليد الطاقة في العالم.

الجدول 4: التصنيف العالمي لمستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ على صعيد الولايات/المقاطعات من العام 2005 إلى العام

2018

المقاطعة	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1. كراسنويارسك، روسيا	1928	1764	2044	1816	2302	2158	2354	1806	2069	2222	1771	1774	2102	1898
2. مكة المكرمة، السعودية	719	799	693	936	829	701	768	668	923	935	1021	1381	1287	1059
3. ميمولانغا، جنوب أفريقيا	970	1031	1029	1057	1109	1048	1090	1126	887	939	896	796	942	952
4. بوشهر، إيران	868	804	758	902	771	861	950	557	384	513	695	836	823	801
5. تاميل نادو، الهند	563	502	538	561	567	576	646	651	686	707	778	802	758	750

الرسم 5: المناطق/المقاطعات التي سجلت أعلى مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في العام 2018 (أول 5)

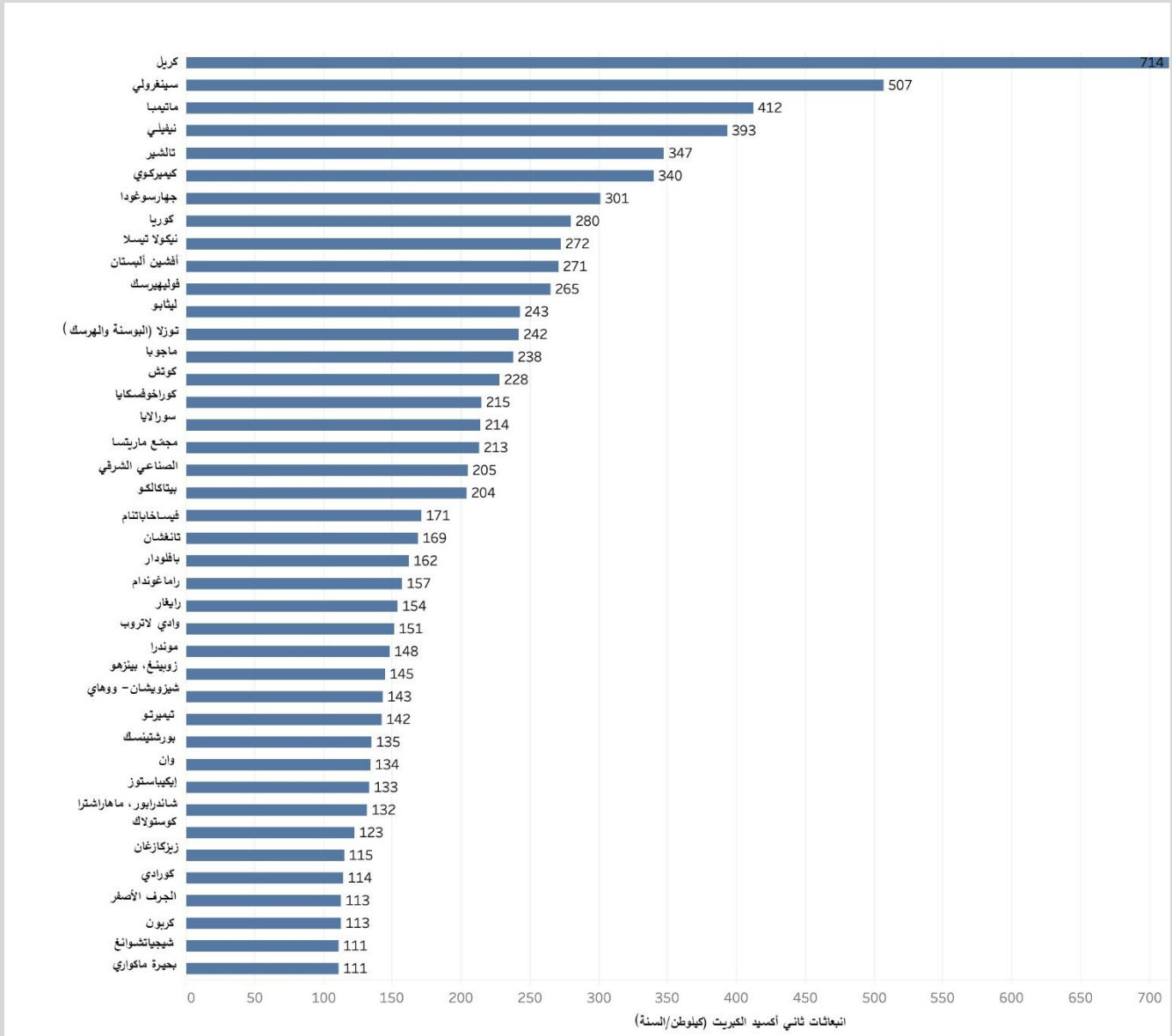


## القطاعات الملوثة الرئيسية

MEAsURES التابعة لوكالة ناسا (إعداد سجلات لبيانات النظام الأرضي من أجل استخدامها في بيانات البحث) أن محطات توليد الطاقة التي تعمل على الفحم هي قطاع الانبعاثات الرئيسي في الهند والصين وإندونيسيا وتايلاند والمكسيك وجنوب أفريقيا وبلغاريا وأستراليا.

احتراق الفحم: أكثر من 51% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ تُطلق في المناطق التي تستهلك نسبًا عالية من الفحم لتوليد الطاقة وللصناعة. لذلك، يُعتبر إحراق الفحم لتوليد الطاقة المصدر الرئيسي للانبعاثات في هذه المناطق. أما محطات تكرير/استهلاك النفط والمصاهر وغيرها فتساهم أيضًا بمعدلات أقل. تبين بيانات

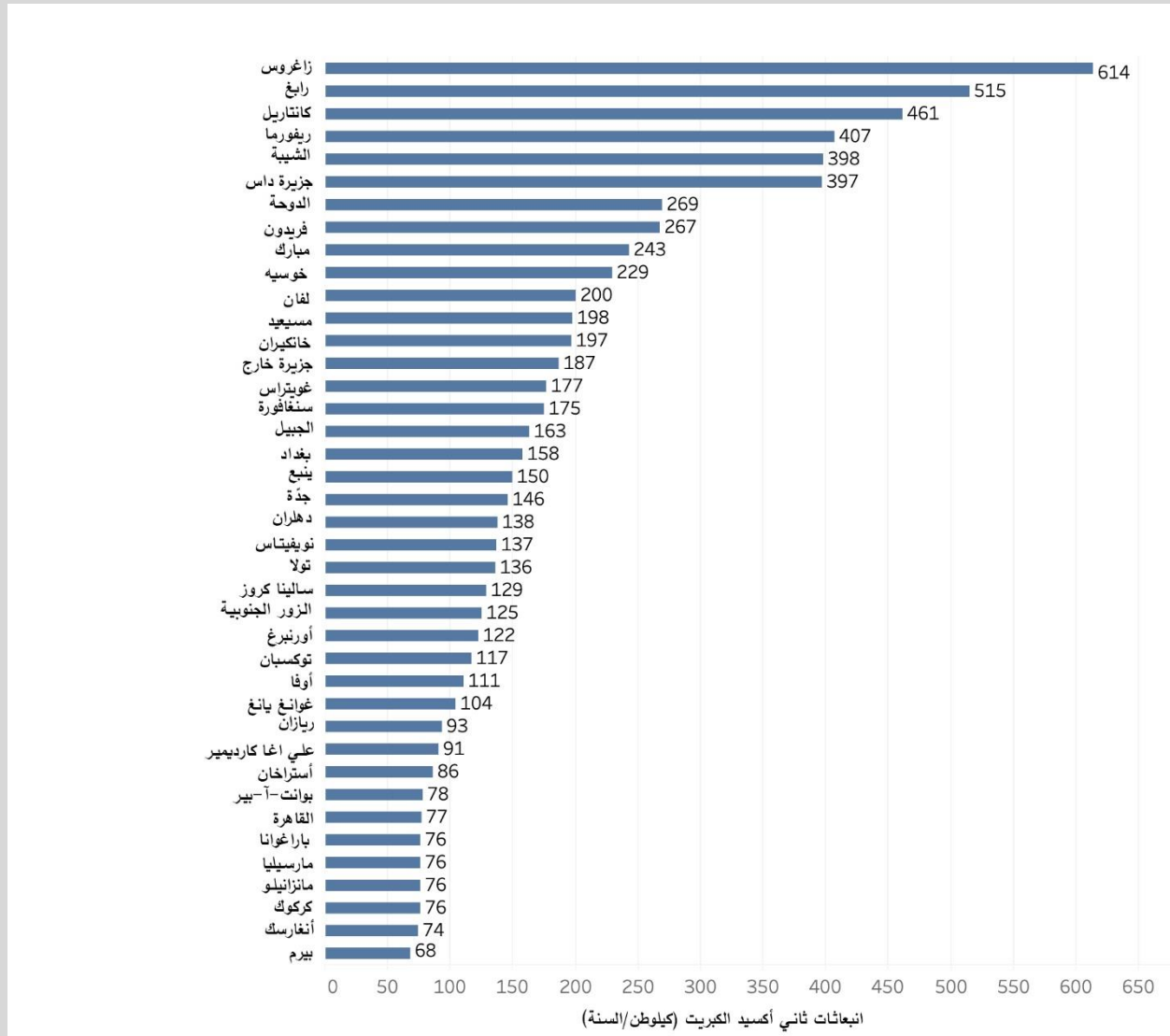
الرسم 6: النقاط الساخنة الـ 40 الأولى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (كيلوطن/السنة) حول العالم في العام 2018 (استخدام الفحم لتوليد الطاقة/الصناعة)



تكرير النفط والغاز/توليد الطاقة: تُطلق مصافي النفط والمصانع/محطات توليد الطاقة العاملة على الغاز في المكسيك والسعودية وإيران والإمارات وروسيا وأوزبكستان وفنزويلا، كميات كبيرة من انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت في الجو. وتُبين النقاط الساخنة التي كشفها جهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا المناطق التي تتضمن مرافق لتكرير النفط ومرافق تعمل على الغاز. سجّل جهاز رصد الأوزون أكثر من 40 منطقة توجد فيها تجمّعات خاصّة بتكرير النفط والغاز. وتتضمّن السعودية أكبر عدد من النقاط الساخنة لثاني أكسيد الكبريت الناتج عن تجمّعات تكرير النفط ومعالجة الغاز، بما فيها رابغ والشيبة والجبيل وينبع وجدة.

في السنوات الأخيرة، فرضت دول ومناطق كثيرة مثل الصين والهند وجنوب أفريقيا وأندونيسيا معايير متعلّقة بضبط انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت أو قامت بتحسين المعايير المُعتمَدة لديها، كما بدأت باستخدام تقنية نزع الكبريت. لكنّ الأنظمة تختلف من دولة إلى أخرى كما تختلف أيضًا درجة تنفيذها، وما زالت المعايير في معظم المناطق أضعف من أن تُحسّن نوعية الهواء بشكل فعال. ويؤدّي هذا الاختلاف في الأنظمة المتعلّقة بالانبعاثات والتفاوت في فعالية إجراءات ضبط التلوّث الناتج عن انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، إلى تفاوت معدلات الانبعاثات من محطات توليد الطاقة ذات القدرة الإنتاجية المماثلة في المناطق المختلفة.

الرسم 7: النقاط الساخنة الـ40 الأولى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (كيلوطن/السنة) حول العالم في العام 2018 (النفط والغاز)

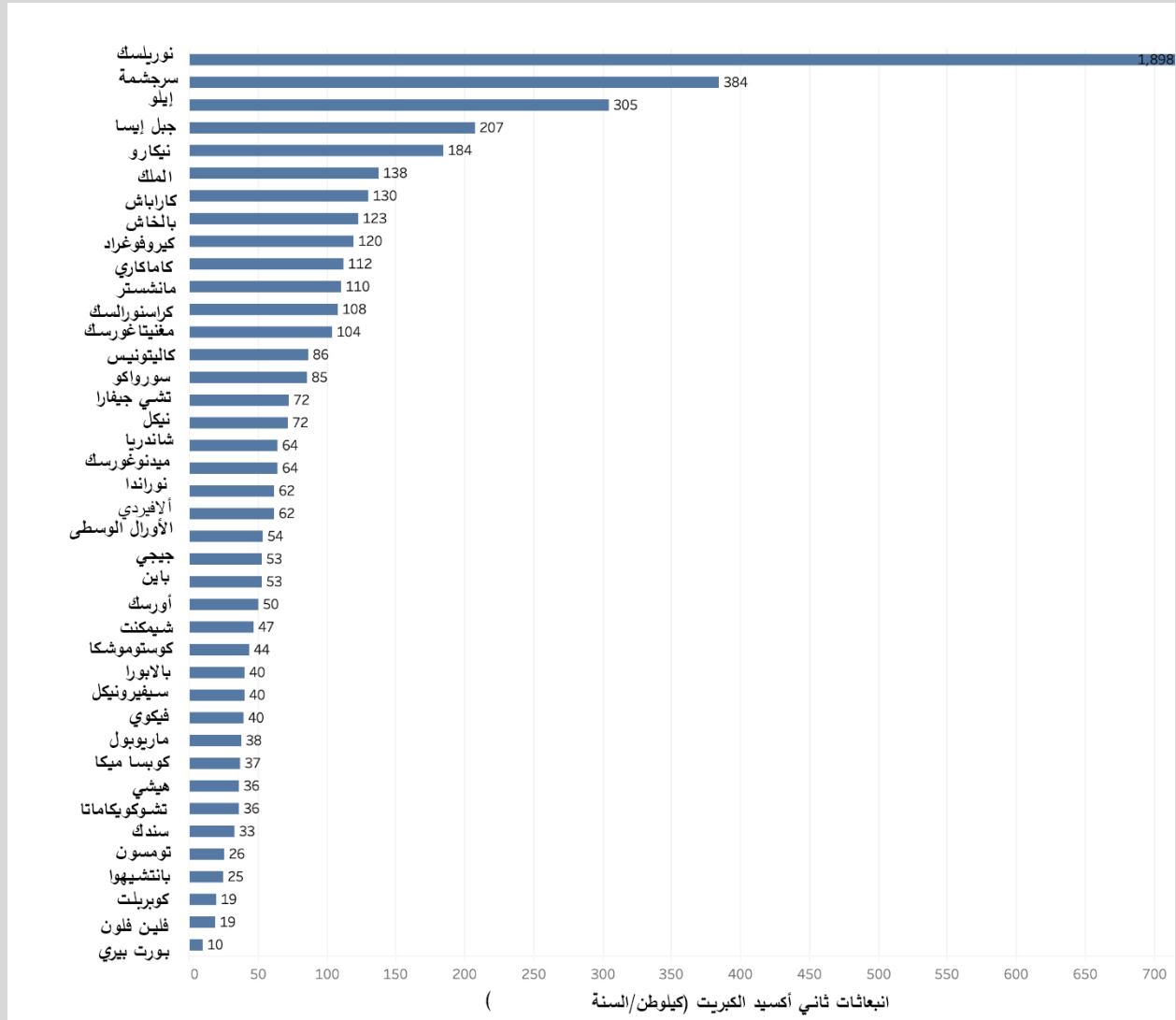




المُساهم الرئيسي في مستويات ثاني أكسيد الكبريت في العديد من النقاط الساخنة المهمة التي تمّ تحديدها. يُبين الرسم 8 معدلات الانبعاثات في هذه النقاط الساخنة. وتبقى نوريلسك في روسيا المصدر الأول للانبعاثات في جميع أنحاء العالم، تليها سرجمه في إيران، وإيلو في بيرو، ونيكارو في كوبا، وألماليك في أوزبكستان، وكاراباش في روسيا.

المصاهر: بالإجمال، تقع مصاهر المعادن في العالم ضمن تجمّعات مُحيطيّة بمناجم المعادن حيث يتمّ استخراج المعادن الخام. يُؤدّي تشغيل هذه المصاهر، بشكل خاصّ تلك التي لا تعتمد أجهزة مناسبة للحدّ من التلوّث، إلى انبعاث ثاني أكسيد الكبريت في الجوّ. ويمكن لجهاز رصد الأوزون التابع لوكالة ناسا أن يكشف عن هذه الانبعاثات. تُعتبر المصاهر

### الرسم 8: النقاط الساخنة الـ40 الأولى لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت (كيلوطن/السنة) حول العالم في العام 2018 (المصاهر)



## آفاق المستقبل

الحلول التي تُعالج تلوث الهواء هي نفسها الحلول التي من شأنها أن تحدّ من حالات الطوارئ المناخية. ولا بدّ للمناطق التي تسجّل أعلى الانبعاثات في العالم، انطلاقًا من واجبها تجاه مواطنيها، أن تتوقّف عن الاستثمار في الوقود الأحفوري وأن تتّجه نحو استخدام مصادر أكثر سلامةً واستدامةً للطاقة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلى جانب التخفيف من أثر المنشآت الملوّثة الموجودة عن طريق اعتماد معايير أكثر تشدّدًا لضبط الانبعاثات.

يُعتبر احتراق الوقود الأحفوري كالفحم والنفط والغاز أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت البشرية المنشأ التي تودّي إلى تراجع نوعية الهواء وإلى حالات الوفاة المبكرة في كافة أقطار العالم.

نُبيّن في هذا التقرير، من خلال تحديد النقاط الساخنة التي تسجّل أعلى مستويات ثاني أكسيد الكبريت، حجم التلوّث الهوائي في جميع المناطق، بالإضافة إلى الأماكن التي يجب إحداث تغيير كبير فيها حفاظًا على صحّة ورفاه الإنسان.



## الحواشي

- <sup>i</sup> <https://bit.ly/30inNie>.
- <sup>ii</sup> شروفناجيل وآخرون، تلوث الهواء والأمراض غير المعدية: مراجعة من قبل اللجنة البيئية لمنتدى الجمعيات التنفسية الدولية، الجزء 1: التأثيرات الضارة لتلوث الهواء [Air Pollution and Noncommunicable Diseases: A Review by the Forum of International Respiratory Societies' Environmental Committee, Part 1: The Damaging Effects of Air Pollution]. Chest 155 (2) (2019)، ص. 409-416.
- <sup>iii</sup> داندونا وآخرون، أمم ضمن أمة واحدة: الاختلافات في التحول الوبائي بين ولايات الهند، 1990-2016 في دراسة العبء العالمي للمرض [Nations within a nation: variations in epidemiological transition across the states of India, 1990-2016 in the global burden of disease study]. Lancet 390 (10111) (2017)، ص. 2437-60.
- <sup>iv</sup> البنك الدولي ومعهد القياسات الصحية والتقييم. 2016. تكلفة تلوث الهواء: تعزيز الميزرات الاقتصادية للحد من تلوث الهواء. واشنطن: البنك الدولي. الترخيص: رخصة مشاع إبداعي CC BY 3.0 IGO. تاريخ زيارة الرابط [10، حزيران/يونيو، 2019].
- <sup>v</sup> جزينات يبلغ قطرها الدينامي الهوائي حوالي 2.5 ميكرومتر (بشكل تقريبي).
- <sup>vi</sup> <http://www.rapidshift.net/air-pollution-is-slowly-killing-us-all-new-global-study-claims/>.
- <sup>vii</sup> هوانغ، ر.ج. وآخرون. الهباء الجوي الثانوي يساهم بنسبة عالية في التلوث بالجسيمات أثناء أحداث الاغبرار في الصين [High secondary aerosol contribution to particulate pollution during haze events in China]. Nature 514 (2014)، 218-222.
- <sup>viii</sup> شكرابورتى، ا.، غويتا، ت. وتريباتي، س. ن. التركيبة الكيميائية وخصائص الهباء الجوي المحيط ومخلفات مياه الأمطار خلال الرياح الموسمية الصيفية في الهند: رؤية انطلاقاً من مقياس الطيف الكتلي للهباء الجوي [Chemical composition and characteristics of ambient aerosols and rainwater residues during Indian summer monsoon: Insight from aerosol mass spectrometry]. Atmos. Environ 136 (2016)، 144-155.
- <sup>ix</sup> وانغ، ج. وآخرون. التشكل المستمر للكبريتات بدءاً بالضباب في لندن وصولاً إلى الاغبرار في الصين [Persistent sulfate formation from London Fog to Chinese haze]. Proc. Natl. Acad. Sci 113 (2016)، 13630-13635.
- <sup>x</sup> فيوليتوف، وآخرون، استرجاع انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت المتعددة المصادر وأتساق القياسات الساتلية والسطحية مع الانبعاثات المبلغ عنها [Multi-source SO2 emissions retrievals and consistency of satellite and surface measurements with reported emissions]. Phys. Chem. Atmos. 17 (2017)، 12616-12597. DOI: 10.5194/acp-2017-12597-17
- <sup>xi</sup> كاتالوغ عالمي مُستمد من جهاز رصد الأوزون لأهم مصادر وانبعاثات ثاني أكسيد الكبريت، [A global catalogue of large SO2 sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument]. <https://docserver.gesdisc.eosdis.nasa.gov/public/project/MEaSURES/Krotkov/README.MSAQSO2L4.pdf>.
- <sup>xii</sup> باستثناء المصادر البركانية، قاعدة البيانات الأصلية لوكالة ناسا. [https://so2.gsfc.nasa.gov/kml/OMI\\_Catalogue\\_Emissions\\_AMF\\_S20km\\_2005-2018\\_T1.xlsx](https://so2.gsfc.nasa.gov/kml/OMI_Catalogue_Emissions_AMF_S20km_2005-2018_T1.xlsx) (10 أيار/مايو 2019)
- <sup>V1</sup> فيوليتوف وآخرون، قاعدة البيانات الخاصة بثاني أكسيد الكبريت لدراسة نوعية الهواء من خلال أقمار صناعية متعددة على الأمد البعيد 4L وعلى المستوى العالمي [Multi-Satellite Air Quality Sulfur Dioxide (SO2) Database Long-Term L4 Global V]. <https://doi.org/10.5067/MEASURES/SO2/DATA403>. (2019)
- <sup>xiii</sup> <https://bit.ly/30inNie>.