المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
GLOBAL ATMOSPHERE WATCH
WWRP WORLD WEATHER RESEARCH PROGRAMME

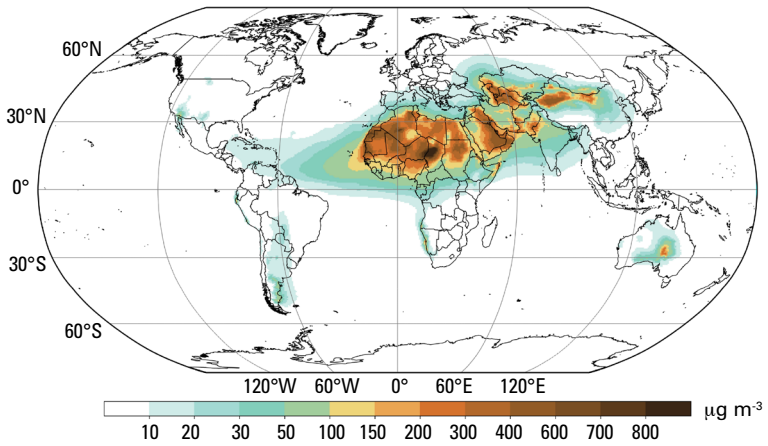
العدد 6 - أيلول/ سبتمبر 2022

نشرة التراب الجوي
المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

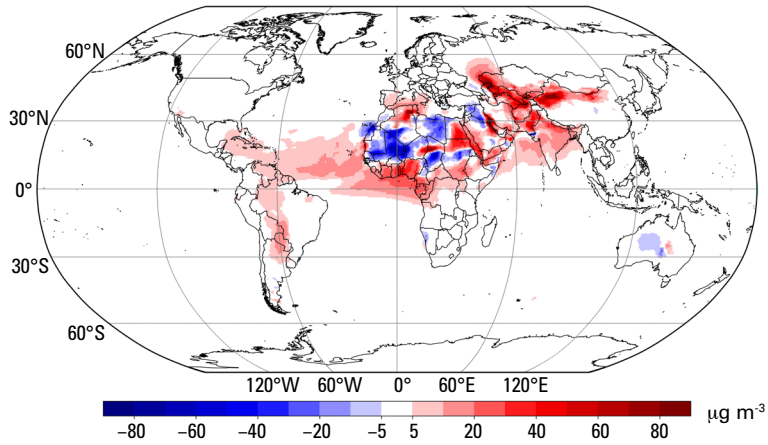
نظرة عامة على التراب الجوي العالمي في عام 2021

حُدد التوزيع المكاني للتركيز السطحي العالمي للتراب المعدني في عام 2021 (الشكل 1) وشذوذه بالنسبة إلى متوسط القيم المناخية (1981-2010) (الشكل 2) على أساس نواتج التراب المستقاة من التحليل الاسترجاعي للعصر الحديث لأغراض البحوث والتطبيقات، النسخة 2 (MERRA-2) (دراسة Galero وآخرين، 2017). وهذه هي أحدث نسخة لإعادة تحليل الغلاف الجوي في عصر السواتل الحديثة التي أنتجها المكتب العالمي للنمذجة والاستيعاب (GMAO) التابع للإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA).

وبشكل عام، كان التوزيع المكاني لتركيز السطحي العالمي للتراب المعدني في عام 2021 مماثلاً لنظيره في عام 2020 (نشرة التراب الجوي للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، العدد 5)، وإن كان هناك بعض التباينات. ولقد بلغ المتوسط العالمي لمتوسطات التركيزات السطحية السنوية للغبار في عام 2021 مقدار 13.6 ميكروغرام/م$^{-3}$، والذي يعد أعلى قليلاً من متوسط عام 2020 (12.8 ميكروغرام/م$^{-3}$). كما لوحظت هذه الزيادة في عام 2021 في العديد من المناطق التي ينشط فيها التراب في جميع أنحاء العالم، مثل آسيا الوسطى وشبه الجزيرة العربية والهضبة الإيرانية وشمال غرب الصين. وعلى مستوى المكان، رُصدت أعلى قيمة مقدرة للمتوسط السنوي لتركيز



الشكل 1. المتوسط السنوي للتركيز السطحي للتراب المعدني (بالميكروغرام/م$^{-3}$) في عام 2021 بناء على إعادة التحليل الاسترجاعي للعصر الحديث لأغراض البحوث التطبيقات (MERRA-2) في الإدارة الوطنية (NASA)



الشكل 2. شذوذ المتوسط السنوي لتركيز الغبار السطحي في عام 2021 مقارنة بمتوسط الفترة 1981-2010 بناءً على إعادة التحليل الاسترجاعي للعصر الحديث لأغراض البحوث التطبيقات (MERRA-2) في الإدارة الوطنية (NASA)

الغبار السطحي (~1000-1300 ميكروغرام/م$^{-3}$) في 2021، في بعض المناطق من تشاد في شمال وسط أفريقيا. وفي نصف الكرة الجنوبي، وصلت تركيزات التراب إلى أعلى مستوياته (~200 ميكروغرام/م$^{-3}$) في أجزاء من وسط أستراليا والساحل الغربي لجنوب أفريقيا. ومن هذه المناطق النموذجية لمصادر التراب (خاصة في شمال أفريقيا والشرق الأوسط ووسط آسيا وشمال الصين)، نُقل التراب المدفوع بالرياح إلى المناطق المحيطة. وهذه المواقع تضم المنطقة المدارية شمال المحيط الأطلسي بين غرب أفريقيا ومنطقة البحر الكاريبي، وأمريكا الجنوبية، والبحر الأبيض المتوسط، وبحر العرب، وخليج البنغال، ووسط شرق الصين، وشبه الجزيرة الكورية، واليابان، مما يدل على الأثر الكبير الذي تخلّفه العواصف الرملية والترابية (SDSs) على العديد من مناطق العالم. وفيما يتعلق بالمنطقة الجغرافية المتأثرة، كان للعواصف الرملية والترابية من مصادر الغبار في غرب أفريقيا وشمال غرب الصين منطقة تأثير أوسع قليلاً مقارنة بعام 2020. ونتيجة التأثر بالعواصف الرملية والترابية، غزا نقل التراب الأفريقي عبر المحيط الأطلسي منطقة البحر الكاريبي بأكملها؛ ووصلت الأهباء الجوية لتراب شرق آسيا من شمال الصين إلى بوهاي والبحر الأصفر. ولم تظهر هذه السمات في عام 2020.

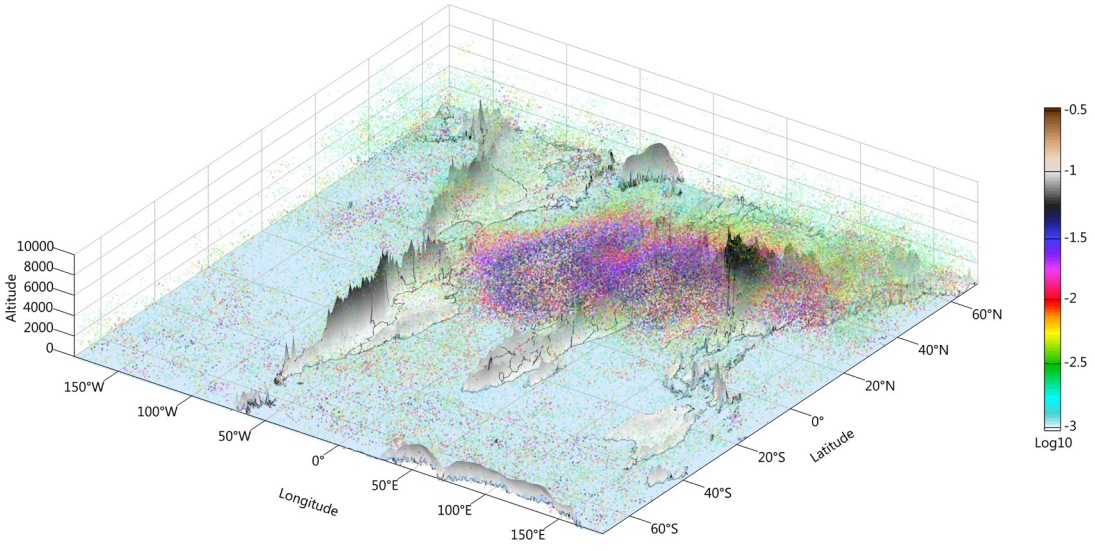
وفي معظم المناطق المتضررة، كان تركيز الغبار السطحي في عام 2021 أعلى من المتوسط المناخي. وكاستثناءات من ذلك، كانت هناك أجزاء من شمال أفريقيا (بما في ذلك مالي وموريتانيا وجنوب غرب الجزائر والصحراء الغربية والمغرب وليبيا وشمال غرب النيجر وجنوب تشاد ووسط السودان) والعراق وسوريا ووسط غرب أستراليا (الشكل 2). وشملت البؤر الساخنة ذات التركيزات الترابية الأعلى بكثير المنطقة المدارية شمال المحيط الأطلسي بين غرب أفريقيا ومنطقة البحر الكاريبي، وأمريكا الوسطى والجنوبية، ومعظم وسط أفريقيا، وأجزاء من أوروبا الغربية، والبحر الأحمر، والخليج الفارسي، وآسيا الوسطى، وجنوب آسيا، وشمال غرب الصين، ووسط شمال الصين.

وقد استُخلص التوزيع ثلاثي الأبعاد (3D) لمُعامل إخماد الغبار (DEC) في ربيع عام 2021 (الشكل 3) على أساس ناتج خصائص الهباء الجوي التروبوسفيري من المستوى 3 من جهاز استشعار ليدار الهباء الجوي السحابي بالاستقطاب المتعامد (CALIOP) مثبت على متن ساتل بعثة الأرصاد الساتلية للسحب والهباء الجوي بواسطة الليدار والأشعة دون الحمراء (CALIPSO) (دراسة Tackett وآخرين، 2018؛ ودراسة Gui وآخرين، 2021). ومُعامل إخماد الغبار هو خاصية تحدد مدى قوة امتصاص الغبار أو انعكاسه للإشعاع أو الضوء عند طول موجي معين. والنتائج المعروضة هنا هي متوسط القيم لفترتي النهار والليل تحت حالة "السماء بأكملها". ونجحت الرصدات الساتلية في ربيع عام 2021 في التقاط نشاط التراب بالقرب من مناطق مصادر التراب في نصف الكرة الأرضية الشمالي، حيث رُسم النطاق المكاني لتأثيره. وعموماً، تشير عمليات رصد الليدار CALIOP إلى أنه في آذار/ مارس 2021، لوحظت مستويات أقوى من مُعاملات إخماد الغبار وآثار ذات نطاق أوسع في معظم مناطق العالم (مثل شرق آسيا وشمال المحيط الأطلسي الاستوائي) مقارنة بالفترة نفسها من عام 2020 (نشرة التراب الجوي للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، العدد 5). ومن الرصدات الساتلية، حُدد حزام ترابي مماثل للحزام الترابي في عام 2020 يمتد من الساحل الغربي لشمال أفريقيا، مروراً بشبه الجزيرة العربية بأكملها ووسط وجنوب آسيا، وصولاً إلى شمال غربي الصين والمنطقة المنحدرة منه (شرق وسط الصين وشمال شرق آسيا). وفيما يتعلق بمدى ارتفاع التراب المرفوع، يقع المُعامل (DEC) المتزايد (الإخماد > 0.1 كم$^{-1}$) بشكل رئيسي على ارتفاع يتراوح بين 1-4 كم فوق متوسط مستوى سطح البحر. وكان أقصى علو لارتفاع طبقة عمود الغبار (معامل إخماد الغبار (DEC) > 0.001 كم$^{-1}$) حوالي 6-10 كم فوق متوسط مستوى سطح البحر، ويمتد بطول المنطقة بين درجة 10 جنوباً ودرجة 60 شمالاً، مما يدل على انتقال الأتربة لمسافات طويلة.

ظواهر الرمال والتراب الرئيسية في عام 2021

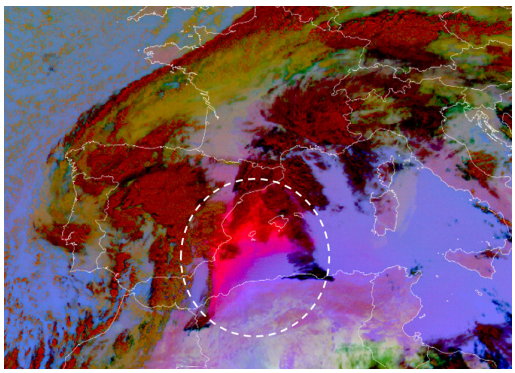
ظواهر الغبار في أوروبا، شباط/ فبراير 2021

في شباط/ فبراير 2021، تأثرت أوروبا بالعديد من حالات التسلل المكثفة للتراب الصحراوي التي كان لها أثر كبير بسبب القيم العالية التي سُجلت لتركيز التراب السطحي والترسب الجاف والرطب. ونتيجة لهذه الظاهرة، اكتُشفت في جميع أنحاء أوروبا قيم تجاوزت الحد اليومي للجسيمات الدقيقة الذي وضعته لائحة جودة الهواء بالاتحاد الأوروبي، بقطر يبلغ 10 ميكرومتر وأصغر (الجسيمات الدقيقة الخشنة (PM_{10})). وقد أدت هذه الزيادة في جزيئات الغبار في الغلاف الجوي إلى تجاوز القيمة الحدية اليومية للجسيمات الدقيقة في الاتحاد الأوروبي لحماية صحة الإنسان (PM_{10} = 50 µg m^{-3}) في جزء كبير من القارة الأوروبية. وقامت منظمة الصحة العالمية (WHO) بتحديث هذا الحد إلى 45 µg m^{-3} في أحدث إصدار لها من المبادئ

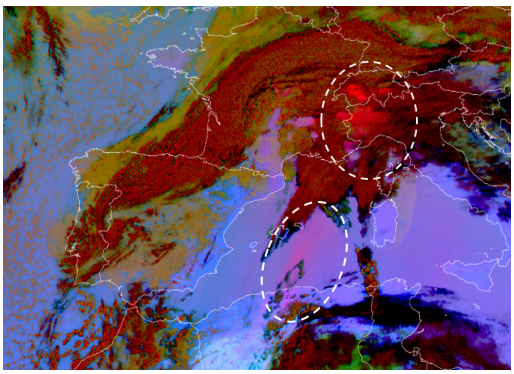


الشكل 3. خريطة الجزيئات العالمية ثلاثية الأبعاد لمُعامل إخماد الغبار (DEC) في نصف الكرة الشمالي في ربيع عام 2021 المستمدة من الليدار CALIOP. وقد حُوّل نطاق اللون إلى مقياس اللوغاريتم 10 (log10) لتحسين الرؤية، بما يتوافق مع حد أدنى للمعامل (DEC) قدره 0.001، وحد أقصى له قدره 0.32 تقريباً.

(أ)

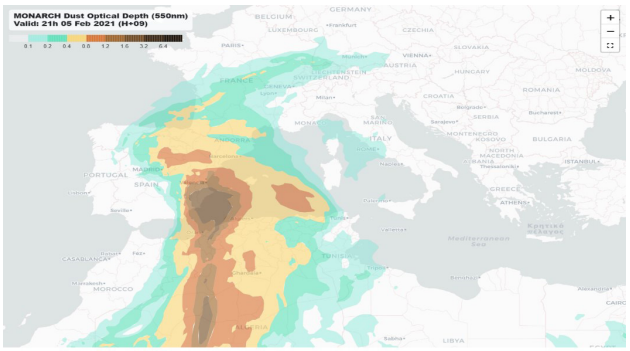


(ب)

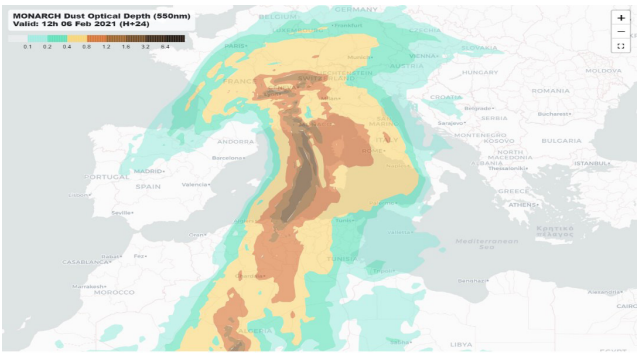


الشكل 4. (أ) صورة من الساتل RGB-Meteosat، بتاريخ 5 شباط/ فبراير 2022 الساعة 21:30؛ (ب) صورة من الساتل RGB-Meteosat، بتاريخ 6 شباط/ فبراير 2022 في الساعة 11:30. وتشير الدائرة المتقطعة إلى نقل التراب. المصدر: المنظمة الأوروبية لاستغلال السواتل المخصصة للأرصاد الجوية (EUMETSAT)

(أ)



(ب)



الشكل 5. (أ) مونارك (تشغيل: 4 شباط/ فبراير 2021) 5 شباط/ فبراير 2022 الساعة 21:00؛ (ب) مونارك (تشغيل: 4 شباط/ فبراير 2021) 6 شباط/ فبراير 2021 في الساعة 12:00. المصدر: مركز برشلونة الإقليمي للتنبؤ بالتراب

التوجيهية العالمية لجودة الهواء التي نشرت في أيلول/ سبتمبر 2021 (https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329).

وبدأت أول ظاهرة ترابية في ذلك الشهر يوم 5 شباط/ فبراير في شمال الجزائر. وفي اليوم نفسه، انتقلت جزيئات الغبار عن طريق الغلاف الجوي إلى جنوب شرقي إسبانيا. وقد رُصدت هذه الظاهرة الترابية بواسطة الساتل RGB-Meteosat، الذي أنتج صوراً ساتلية (الشكل 4 (أ) و4 (ب) حيث تظهر جزيئات الغبار باللون الوردي). وخلال الأيام القليلة التالية، انتقل عمود الغبار إلى جنوب ووسط أوروبا (الشكل 5 (أ) و5 (ب))، ليحول السماء إلى اللون الأصفر، ويغطي المباني والسيارات بالتراب الصحراوي، بل ويغطي الثلوج على سلاسل جبال البيريني وجبال الألب (انظر الشكل 6 (أ)). وعلى الرغم من أن الساتل كان مغطى بالسُحب جزئياً، فقد تمكن من اكتشاف كتلة الغبار في الطريق عبر البحر الأبيض المتوسط نحو أوروبا وأيضاً فوق منطقة جبال الألب. ويمكن رؤية سُمك طبقة الغبار المترسبة في المقطع الرأسي للغطاء الثلجي (الشكل 6 (ب)). أما التراب المعدني المترسب فوق الغطاء الثلجي، فيغير خصائص وبياض انبعاثاته الإشعاعية، مما يؤدي إلى زيادة سرعة الذوبان وتطور الثلوج.

وانتقل مركز عمود الغبار ذي التركيزات القصوى إلى مسافة حوالي 2500 متر وتراوح سمك العمود بين 500 متر و5000 متر. ويظهر في المقطع العرضي في الشكل 7 التوزيع الرأسي لتركيز الغبار الذي تنبأ به نموذج MONARCH. وهذا المقطع العرضي يُظهر أقصى تركيز فوق جبال البيريني، إذ ينتشر في جميع أنحاء أوروبا ومناطق جبال الألب. وتُظهر الخريطة الداخلية حمولة الغبار.

وعلاوة على ذلك، سُجلت مستويات عالية من الجسيمات الدقيقة الخشنة (PM_{10}) في العديد من المواقع بقيم مختلفة بناءً على ارتفاع المحطة،

(أ)

(ب)

الشكل 6 (أ) جبال جورا (المصدر: Lu Ren، المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO))؛ (ب) مظهر للثلوج في Refugio Ángel Orús في هويسكا في جبال البيريني (المصدر: مسرَد الطقس meteoglosario، هيئة الأرصاد الجوية التابعة للدولة (AEMET))

ولكنها تتجاوز بكثير قيمة الحد اليومي الأوروبي للجسيمات، المذكورة أعلاه. وقد حدثت العديد من حالات اختراق التراب ذات الأثر الكبير والطويل في النصف الثاني من شهر شباط/ فبراير (الشكل 8)، مما جعل من شهر شباط/ فبراير شهراً استثنائياً. وقد تمكن مركز برشلونة الإقليمي للتراب، وهو المركز الإقليمي لنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) لمنطقة شمال أفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا (NAMEE)، من التنبؤ بالتوقيت والنطاق الجغرافي للظواهر بشكل صحيح. ويسعى النظام (SDS-WAS) إلى تقديم خدمات استشارية للتنبؤ والإنذار التطبيقيين لمختف مناطق العالم بطريقة منسقة عالمياً من أجل الحد من آثار العواصف الرملية والترابية على البيئة والصحة والاقتصادات.

عاصفة رملية وترابية تؤثر على قونية، تركيا، 30 تشرين الثاني/ نوفمبر 2021

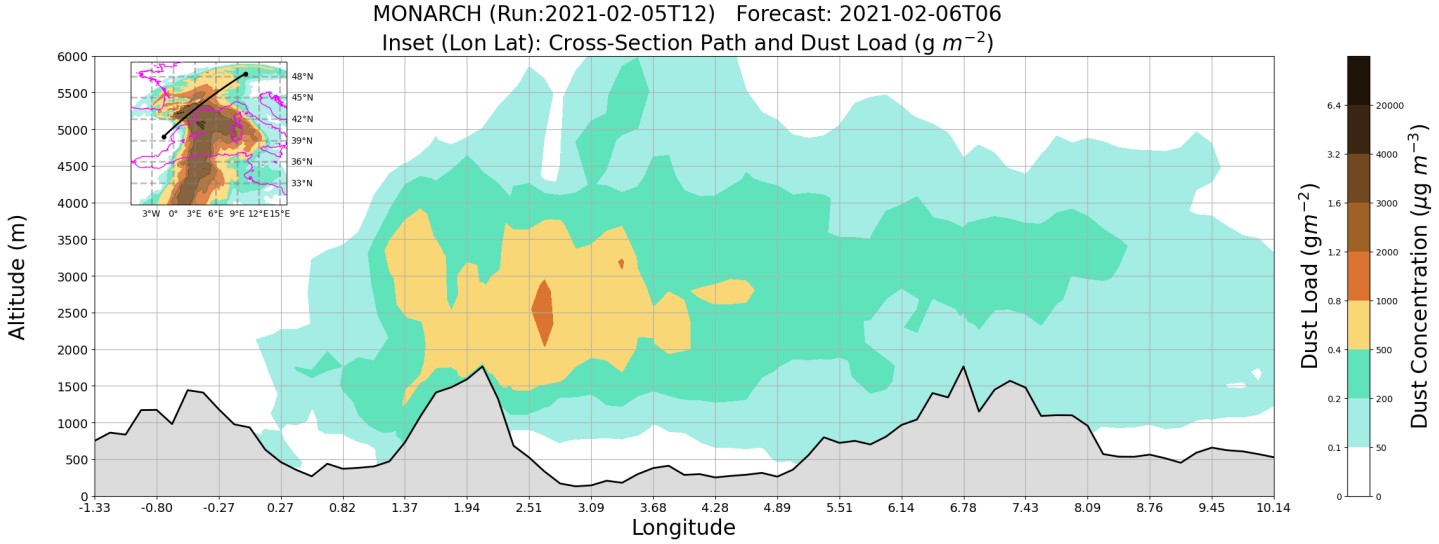
ضربت عاصفة ترابية المدن التركية قونية وأكساراي ونيغده ونوشهر في 30 نوفمبر/ تشرين الثاني. وهذه العاصفة هي مثال على ظاهرة غبار متوسطة الحجم وعلى الأثر الكبير الذي يمكن أن تحدثه عندما تؤثر على المناطق المأهولة بالسكان. وقد عطلت العاصفة الحياة اليومية في الأجزاء الجنوبية الشرقية من منطقة وسط الأناضول. وأدت الرياح الجنوبية القوية إلى انتشال جزيئات التراب من المناطق القاحلة وشبه القاحلة في منطقة قونية-كارابينار-أكساراي، وتسببت في عاصفة رملية وترابية تحركت نحو الشمال (انظر الشكل 9 (أ)). وقد سُجلت سرعة الرياح القصوى عن كل ساعة إذ بلغت 90 كيلومتراً في الساعة في الجزء الجنوبي من المنطقة المتضررة (انظر الشكل 9 (ب)).

وتسببت العواصف الرملية في العديد من الحوادث المرورية (الشكل 10) على الطرق السريعة التي تربط قونية بأنقرة وأضنة وأكساراي. وأثناء العاصفة الترابية، انخفضت الرؤية إلى 1 متر وأصيب 8 أشخاص، منهم شخصان في حالة خطيرة، في تكدس شمل 30 مركبة. ونتيجة لذلك، أغلقت الشرطة الطرق السريعة أمام حركة المرور في منطقة العاصفة الرملية.

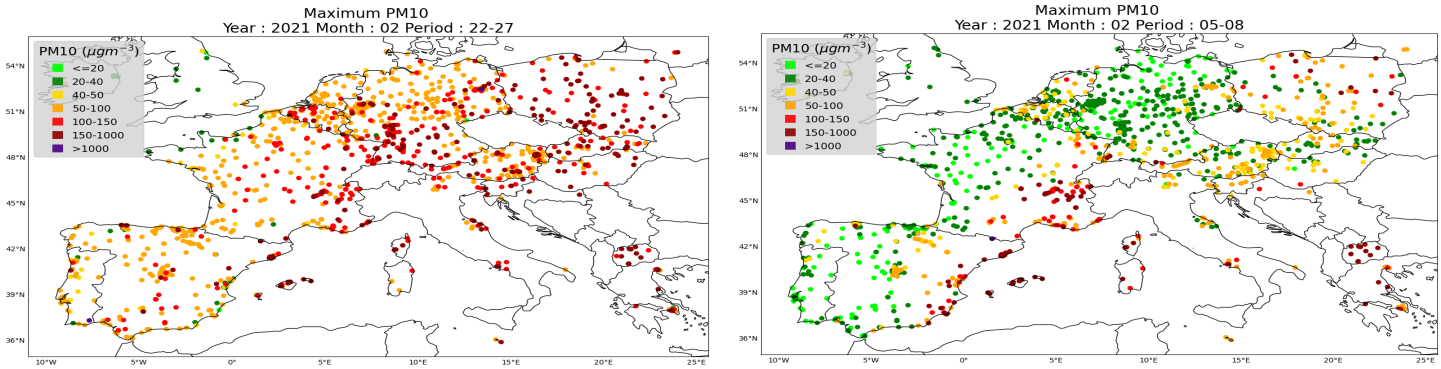
وكان أحد العوامل التي ساهمت في هذه الظاهرة الهامة متمثلاً في أن منطقة وسط الأناضول لم تتلق ما يكفي من الأمطار خلال فترة الصيف. وبالتالي فالتربة، التي جفت بسبب درجات الحرارة الشديدة، حملتها الرياح الجنوبية القوية بكل سهولة، وتسببت في العاصفة الرملية والترابية التي تحركت لاحقاً ناحية الشمال. وهذه الظاهرة على وجه التحديد توضح مدى أهمية ظروف التربة السابقة، وأن فترات الجفاف يمكن أن تؤدي إلى مصادر أكبر للغبار ونشاط أكثر كثافة للعواصف الترابية الرملية.

عاصفة ترابية على نطاق واسع فوق غرب أفريقيا والشرق الأوسط والصين، 11-20 آذار/ مارس 2021

وقعت عاصفة ترابية ضخمة على نطاق واسع فوق غرب أفريقيا والمملكة العربية السعودية وإيران وأفغانستان في الفترة من 11 إلى 14 آذار/ مارس 2021، وفوق الصين في الفترة من 15 إلى 20 آذار/ مارس 2021. وقد اعتُبر تشكيل منخفض عميق ومحدد فوق الجزائر في 11 آذار/ مارس، مصحوباً بغور من المستوى العلوي سريع الحركة إلى حد كبير فوق جنوب غرب آسيا أدى إلى تكوين الغبار فوق

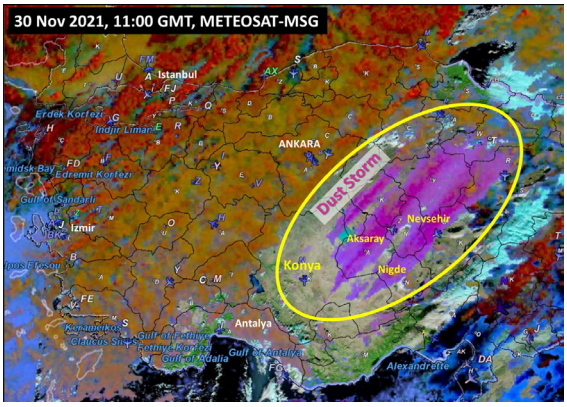


الشكل 7. نموذج مونارك القطاعي فوق منطقتي البرانس وجبال الألب. المصدر: مركز برشلونة الإقليمي للتنبؤ بالتراب

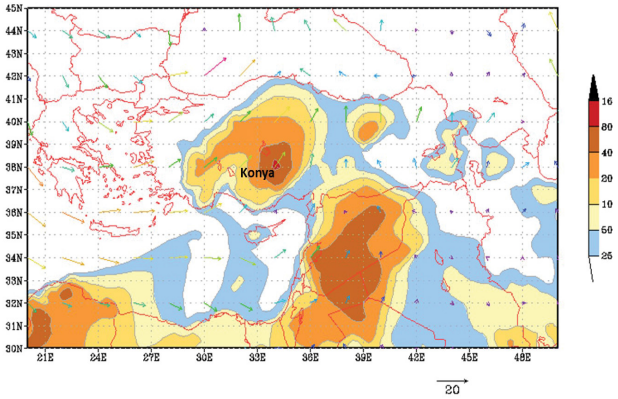


الشكل 8. القيم القصوى للجسيمات الدقيقة الخشنة (PM_{10}) في أوروبا لفترتين من حالات تسرب التراب الصحراوي: من 5 إلى 8 شباط/ فبراير (اللوحة اليمنى) ومن 22 إلى 27 شباط/ فبراير (اللوحة اليسرى). (المصدر: الوكالة الأوروبية للبيئة (EEA))

(أ)



(ب)



الشكل 9. (أ) صورة من الساتل RGB-Meteosat: يظهر الغبار باللون الوردي داخل المنطقة المحاطة (المصدر: EUTMETSAT)؛ (ب) الناتج العددي من النموذج BSC-DREAMS8b، والذي يوضح التركيز السطحي المتوقع للغبار في يوم 30 تشرين الثاني/ نوفمبر 2021 (المصدر: مرفق الأرصاد الجوية التابع للدولة التركية)

(أ)

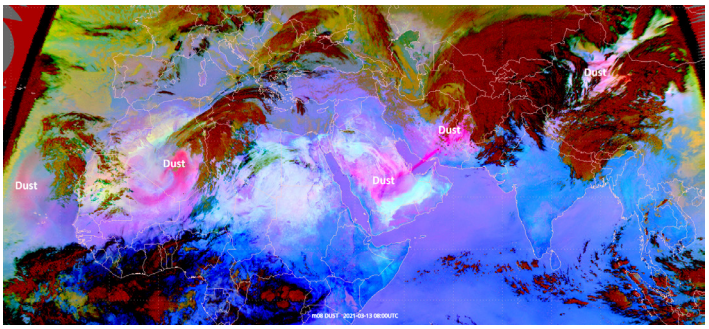
(ب)

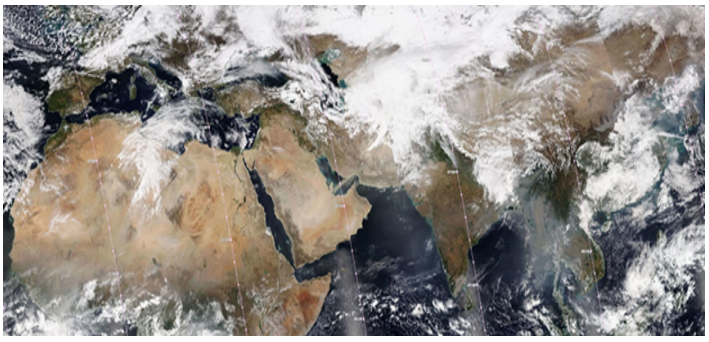
الشكل 10. (أ) الهَبوب فوق منطقة قونية؛ (ب) تكدس مروري ناتج عن حادث تصادم جماعي بسبب أحد ضربات الهَبوب
المصدر: إدارة الأرصاد الجوية التابعة للدولة التركية

الجزائر ثم فوق الشرق الأوسط بعد ذلك، بمثابة آلية سينوبتيكية لتكوين الغبار الجوي. وتُظهر كل من صورة الغبار من الساتل RGB-Meteosat (الشكل 11، اللوحة العلوية) وصورة المطياف الإشعاعي للتصوير المعتدل الاستبانة (MODIS) بالألوان الحقيقية True Color (الشكل 11، اللوحة السفلية) حالات انتشار الغبار المتزامنة فوق المنطقة في 13 آذار/ مارس 2021 في الساعة 08:00 بالتوقيت العالمي المنسق.

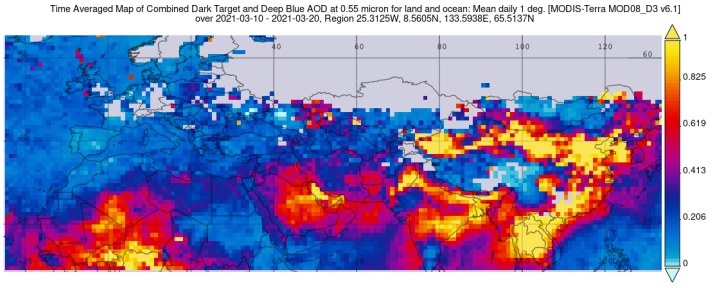
وقد اندلعت عاصفة ترابية لاحقة الجبهة فوق الشرق الأوسط في الصباح الباكر (الساعة 03:00 بالتوقيت العالمي المنسق) من يوم 12 آذار/ مارس 2021. وفي هذه المنطقة، تحدث العواصف الترابية اللاحقة الجبهة خلال أشهر الشتاء عندما تتواجد ظروف الشمال وراء جبهة باردة. وبينما تتحرك الجبهة عبر مناطق مصادر الغبار في العراق أو المملكة العربية السعودية، يتولد غبار واسع الانتشار بسبب الرياح التي وراءه (انظر إنشاء محور إقليمي في غرب آسيا لنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها التابع للمنظمة (WMO) : القدرات والاحتياجات الحالية - تقريرفني (مطبوع المنظمة رقم 1121)). وفي 12 آذار/ مارس 2021، رُفعت كميات كبيرة من الغبار خلف إحدى الجبهات الباردة، والتي عبرت الشرق الأوسط بأكمله. وعادة ما تحدث العواصف الترابية اللاحقة الجبهة عبر الأردن وشمال شبه الجزيرة العربية والعراق وغرب إيران، إذ تتحرك أنظمة الضغط المنخفض عبر المنطقة (دراسة Wilkerson، 1991).

وخلال فترة الظاهرة، انتشر الغبار على مساحة كبيرة تمتد من 20 درجة غرباً إلى 120 درجة شرقاً، ومن 10 درجات شمالاً إلى 45 درجة شمالاً (الشكل 12 (أ)). والنطاق الجغرافي الكبير لهذه الظاهرة يجعله واحدة من أشد العواصف الترابية على هذا الجزء من العالم حتى الآن. فقد

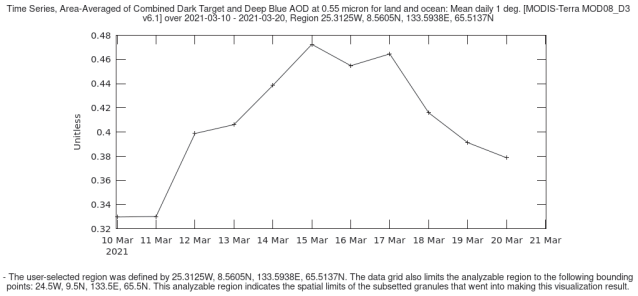




الشكل 11. صورة للغبار من الساتل RGB-Meteosat، في 13 آذار/ مارس 2021 الساعة 08:00 بالتوقيت العالمي المنسق (اللوحة العلوية) (المصدر: EUMETSAT)؛ وصورة المطياف الإشعاعي للتصوير المعتدل الاستبانة (MODIS) بالألوان الحقيقية True Color، في 13 آذار/ مارس 2021 الساعة 08:00 بالتوقيت العالمي المنسق (اللوحة السفلية)
المصدر: الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA)



(أ)



(ب)

الشكل 12. (أ) خريطة المتوسط الزمني و (ب) السلاسل الزمنية (بين 10 و20 آذار/ مارس 2021) لمتوسط العمق البصري اليومي للهباء الجوي (AOD) المستمد من الساتل MODIS TERRA. المصدر: الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA)

رُصدت أعلى القيم بصورة أساسية في الفترة من 15 إلى 17 آذار/ مارس (الشكل 12 (ب)).

العواصف الرملية والترابية الشديدة في منطقة البلدان الأمريكية

سُجلت سلسلة من العواصف الرملية والترابية الشديدة طوال عام 2021. وفي أوائل العام، في 16 آذار/ مارس، اجتاحت عاصفة ترابية هائلة الحدود بين الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك. وفي جامعة تكساس في إل باسو، الواقعة على الحدود مباشرة، كانت مستويات الجسيمات الدقيقة الخشنة (PM_{10}) تصل إلى 2370 ميكروغرام/م^3 بينما كانت مستويات الجسيمات الدقيقة الناعمة ($PM_{2.5}$) عند 340 ميكروغرام/م^3، مما جعلها أكثر غباراً من بيجين في ذلك اليوم. وأفادت التقارير بأن الظروف الخارجية شملت ضباباً بُنياً كثيفاً، وكان من الممكن الشعور برائحة الأوساخ والغبار من داخل المباني (CIRA, 2021).

وقد كانت هناك عاصفة ترابية أخرى في 28 آذار/ مارس في ولاية واشنطن مسؤولة عن 36 حادث تصادم بين مقاطعتي كيتيتاس وغرانت (Sarles, 2021). وكان الحادث الأكبر في أوتيلو بواشنطن، حيث وقع حادث تكدس شمل ثماني سيارات. كما كان هناك عدد قليل من الإصابات الطفيفة نتيجة لهذه الحوادث، ولكن لم تقع وفيات.

وقرب نهاية العام، في 15 كانون الأول/ ديسمبر، لقي شخصان مصرعهما في مقاطعة غرانت بولاية كانساس بسبب سلسلة من التصادمات (شملت العديد من المركبات بما في ذلك شاحنة إطفاء وسيارة إسعاف كانتا متجهتين إلى موقع الحادث)، بعد أن أدى هبوب الغبار إلى تقليل الرؤية على أحد الطرق السريعة (KWCH, 2021). وكانت الرياح المسؤولة عن ظاهرة الغبار هذه جزءاً من عاصفة أكبر قطعت التيار الكهربائي عن أكثر من 200000 شخص في جميع أنحاء ولايتي كانساس وكولورادو (Watchers, 2021).

مصرع ثمانية أشخاص جرّاء عاصفة ترابية في تموز/ يوليو 2021 في ولاية يوتا، الولايات المتحدة الأمريكية

في 26 تموز/ يوليو 2021، تسببت رياح قوية في هبوب الغبار من الأراضي الزراعية القريبة عبر الطريق السريع بين الولايات Interstate-15 في ولاية يوتا، الولايات المتحدة الأمريكية، مما تسبب في تقليل الرؤية. ووقعت أكثر من 20 مركبة في سلسلة من التصادمات المتتابعة (O'Donoghue, 2021) (الشكل 13). وتوفي ما مجموعه ثمانية أشخاص جرّاء هذه الحوادث وأصيب عشرة أشخاص على الأقل. ويعد هذا هو ثاني أكثر الحوادث المرورية المميتة الناجمة عن عاصفة ترابية في الولايات المتحدة على مدى العقود الثلاثة الماضية. ولقد كانت الرياح كذلك غير منتظمة، مما ولّد ظروفاً تسببت في تذبذب الرؤية بشكل غير متوقع وسريع (دراسة Firozi وCappucci، 2021). وقد وقعت هذه الظاهرة الغبارية خلال صيف حار وجاف جداً في ولاية يوتا عندما كان مستوى مياه البحيرة المالحة العظمى عند مستويات منخفضة قياسية. وصُنف أكثر من 99 في المائة من ولاية يوتا على أنها تواجه جفافاً "استثنائياً" أو "شديداً" في ذلك الوقت (دراسة Firozi و2021، Cappucci). وقد استمرت ظروف الجفاف في ولاية يوتا، مما أدى إلى زيادة خطر التعرض لعواصف ترابية شديدة ومتكررة. ولقد وقعت العاصفة الترابية السابقة، التي تعد الأشد إهلاكاً، في 29 تشرين الثاني/ نوفمبر 1991 في وادي سان خواكين، كاليفورنيا عندما أثارت الرياح العاتية الغبار من الأراضي الزراعية القريبة. ووقع ما مجموعه 104 مركبات في حادث أسفر عن مصرع 17 شخصاً، وإصابة 150 آخرين، وإغلاق مسافة بطول 150 ميلاً من الطريق السريع لمدة يوم كامل. وفي ذلك الوقت، كانت المنطقة تعاني من ظروف جافة على نحو غير عادي نتيجة لست سنوات من الجفاف..

أبرز النقاط البحثية

العواصف الترابية عند خطوط العرض العليا

هناك قلق منتشر بصورة واسعة بين الناس بخصوص الاحترار المتسارع الوتيرة في القطب الشمالي الناجم عن العمليات عند خطوط العرض العالية، والتي تؤدي فيها الأهباء الجوية دوراً مهماً. وهناك تقرير خاص صادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2019) يحدد الهباء الجوي للغبار الداكن على أنه قوة مناخية قصيرة الأجل وهباء جوي ممتص للضوء متصل بتغيرات الغلاف الجليدي. ويتكون غبار خطوط العرض العالية من أنواع الجسيمات ذات الأحجام والأشكال المختلفة وذات الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبصرية التي تختلف عن غبار القشرة الأرضية من الصحاري (دراسة Meinander وآخرين، 2022). ويمكن أن يؤدي غبار خطوط العرض العالية (HLD)

الشكل 13. المركبات التي تضررت في حادث التكدس الذي شمل 22 سيارة خلال العاصفة الترابية في 26 تموز/ يوليو 2021 في ولاية يوتا، الولايات المتحدة الأمريكية، والتي أسفرت عن مصرع ثمانية أشخاص (مصدر الصورة: دورية خفارة الطرق السريعة في يوتا)

إلى تأثيرات كبيرة مباشرة وغير مباشرة على تدفقات الإشعاع الشمسي والخصائص البصرية للثلوج، وهو ما يكون له أثر شديد على تضخيم القطب الشمالي عن طريق التأثيرات التفاعلية المناخية الإشعاعية. وقد تبين أن درجات الحرارة في المناطق الهشة، مثل المناطق القطبية البكر، تزداد بمقدار ضعف المعدل العالمي المتوسط، مما يتسبب في تسارع ذوبان الأنهار الجليدية (IPCC, 2019). وعندما ينفث الغبار على سطح نهر جليدي، ينخفض بياض الجليد ويؤثر على معدلات ذوبان الأنهار الجليدية عبر آلية التأثير التفاعلي المناخي الإيجابي (دراسة Meinander وآخرين، 2022). والغبار، على وجه الخصوص، يغير بياض الثلوج/ الجليد ومعدلات ذوبانها، ويؤثر على الإنتاجية البحرية، ويغير الديناميات الميكروبية في الأنهار الجليدية، ويسبب تأثيرات غير مباشرة (تكوُّن السُحب) ومباشرة (الإشعاع الشمسي).

وهناك العديد من الأمثلة المرصودة لانبعاثات الغبار في مناطق خطوط العرض العالية، والتي كثيراً ما تتولد من المصادر صغيرة النطاق. ولا يمكن للتحليل الأفقي لنماذج الغبار العالمية الحالية، التي لا تتجاوز عادةً عدة عشرات من الكيلومترات، أن يحل هياكل المصادر الصغيرة النطاق هذه بشكل كافٍ. وللتغلب على هذا القيد، وضعت دائرة الأرصاد الجوية الهيدرولوجية في جمهورية صربيا نسخة من النموذج DREAM للغبار (دراسة Nickovic وآخرين، 2001) تغطي منطقة محيطة بالقطب لخطوط العرض > 60 درجة باستبانة شبكية تبلغ حوالي 10 كيلومترات. ومن خلال تحديد موقع المركز الجغرافي للنموذج في القطب الشمالي، يجري تجنب التقارب القوي لخطوط الطول، مما يسمح بتنفيذ النموذج بكفاءة زمنية مع تباعد الشبكة الأفقي الذي هو أدق بكثير من استبانة النماذج العالمية. وتُحدد مصادر الغبار المحتملة من الأراضي العارية في نموذج Circumpolar DREAM الجديد باستخدام خريطة قاعدة مصدر العواصف الرملية والترابية العالمية (G-SDS-SBM) (الشكل 14). وتستند الخريطة G-SDS-SBM إلى قيم شبكية (ذات مرجعية جغرافية) لكثافة مصدر العواصف الرملية والترابية، باستبانة قدرها 30 arcsec، والتي وضعتها مؤخراً اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UNCCD) بالتعاون مع المنظمة (WMO) (دراسة Vukovic، 2019، و2021 a و2021 b؛ ودراسة Meinander وآخرين، 2022؛ والرابط التالي: https://maps.unccd.int/sds). وقد أعدت الخريطة G-SDS-SBM من المعلومات عن قوام التربة ورطوبة التربة السطحية ودرجة الحرارة والغطاء الأرضي، والتي تم الحصول عليها من جهاز المطياف MODIS.

واستُخدم النموذج Circumpolar DREAM في ظاهرتين ترابيتين (في 4 تشرين الثاني/ نوفمبر 2013 و1 تشرين الأول/ أكتوبر 2020) عندما حدثت انبعاثات متعددة في خطوط العرض العالية. وتُظهر المحاكاة النموذجية لظاهرة يوم 4 تشرين الثاني/ نوفمبر 2013 تكويناً للمصادر ونقل للغبار في وقت واحد من غرينلاند والساحل الشمالي لكندا وآيسلندا؛ ويشير رصد المطياف MODIS التابع للوكالة الوطنية (NASA) إلى التواجد المشترك لأنماط الغبار المتوقعة من غرينلاند وكندا (الشكل 15، اللوحة العلوية). وقد قام Dagsson-Waldhauserova وآخرون (2019) أيضاً بتوثيق ظاهرة العاصفة الترابية هذه. وتُظهر تسجيلات المطياف MODIS للعمق البصري للهباء الجوي لظاهرة يوم 1 تشرين الأول/ أكتوبر 2020 الغبار المنبعث من نيوفاوندلاند ولابرادور والذي نُقل نحو البحر، حسبما تنبأ به النموذج Circumpolar DREAM (الشكل 15، اللوحة السفلية). ويُتاح حقل تركيز النموذج المتحرك للظاهرتين على الرابط: http://www.seevccc.rs/HLDpaper.

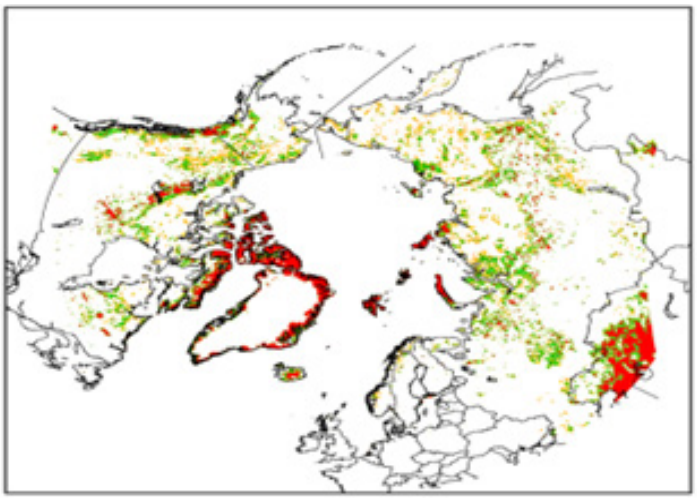
وتوضح تجارب النمذجة لظاهرتي الغبار المعروضتين هنا إمكانات النمذجة ومعلومات الرصد للحصول على رؤية ثاقبة حول سبب حدوث تغير المناخ بهذه السرعة في خطوط العرض العالية (UNGA, 2021). وقد أجريت هذه التجارب كجزء من مخطط بحوث نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) من أجل الوصول إلى فهم أفضل لدور التراب المعدني في المناطق الباردة كعامل بيئي ومناخي.

تحقيق الوكالة الوطنية (NASA) في مصدر التراب المعدني على سطح الأرض، 2022

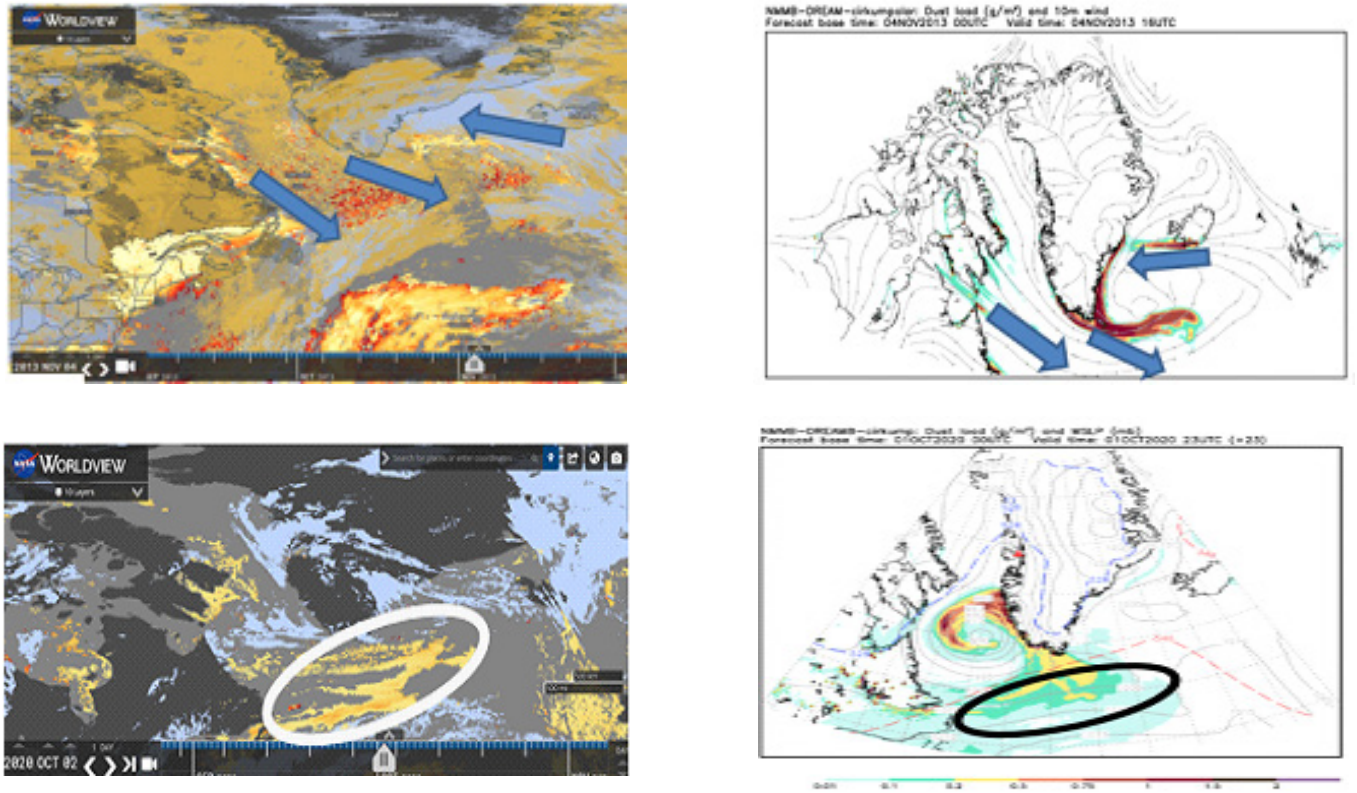
من المقرر أن يبدأ جهاز مطياف التصوير التي تقع في صميم التحقيق في مصدر التراب المعدني على سطح الأرض (EMIT) الذي تجريه الوكالة الوطنية (NASA) في قياس مناطق مصادر التراب المعدني في الأرضي القاحلة على كوكب الأرض في عام 2022. وللحصول على هذه القياسات، سيتم تركيب الجهاز على السطح الخارجي لمحطة الفضاء الدولية (ISS)، ومن المقرر إطلاقه في تموز/ يوليو 2022. ويقيس مطياف التصوير النطاق الطيفي من الجزء المرئي إلى الجزء بالأشعة تحت الحمراء ذي الطول الموجي القصير من الطيف الكهرومغناطيسي، حيث يكون للمعادن الهامة لمصدر الغبار بصمات طيفية تشخيصية. وتُجرى القياسات برقعة طولها 80 كيلومتراً. وسيجري تكوين تغطية كاملة على مدى عام كامل من الرصدات. ويعتبر مطياف تصوير الخاص بالتحقيق (EMIT) هو الأول من نوعه من حيث دقة القياس وتغطيته الواسعة لهذه المناطق المهمة لمصادر الغبار في كوكب الأرض. وقد تمت معايرة الجهاز بعناية في المختبر، وجرى تطوير واختبار سلسلة كاملة لمعالجة البيانات. وسيُتحقق من صحة هذه القياسات الطيفية الجديدة والخرائط المعدنية ونواتج البيانات ذات الصلة واستخدامها لبدء أحدث النماذج لنظام الأرض من أجل التحقيق في الآثار الإشعاعية القوية للهباء الجوي للتراب المعدني في نظام الأرض (الشكل 16). وستوفر مهمة التحقيق EMIT مجموعة من نواتج البيانات لجميع المناطق التي قيست بنجاح. وستُستخدم هذه البيانات والنواتج المشتقة لتحقيق الأهداف العلمية للتحقيق EMIT، مما يقلل من عدم اليقين عند التأثير الإشعاعي للتراب المعدني. وستُقدم جميع القياسات إلى مركز توزيع المحفوظات الفعالة لعمليات الأرض التابع للوكالة الوطنية (NASA)، وستُتاح على نطاق أوسع لأغراض تحقيقات علوم الأرض الإضافية التي قد تمكّن من إجرائها. ويمكن الحصول على مزيد من المعلومات على صفحة الويب الخاصة بالتحقيق EMIT على الرابط الإلكتروني: https://earth.jpl.nasa.gov/emit.

التغيرات في انبعاثات الغبار في صحراء غوبي

تحدث الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية في شرق آسيا بشكل رئيسي أثناء ربيع نصف الكرة الشمالي في المناطق القاحلة



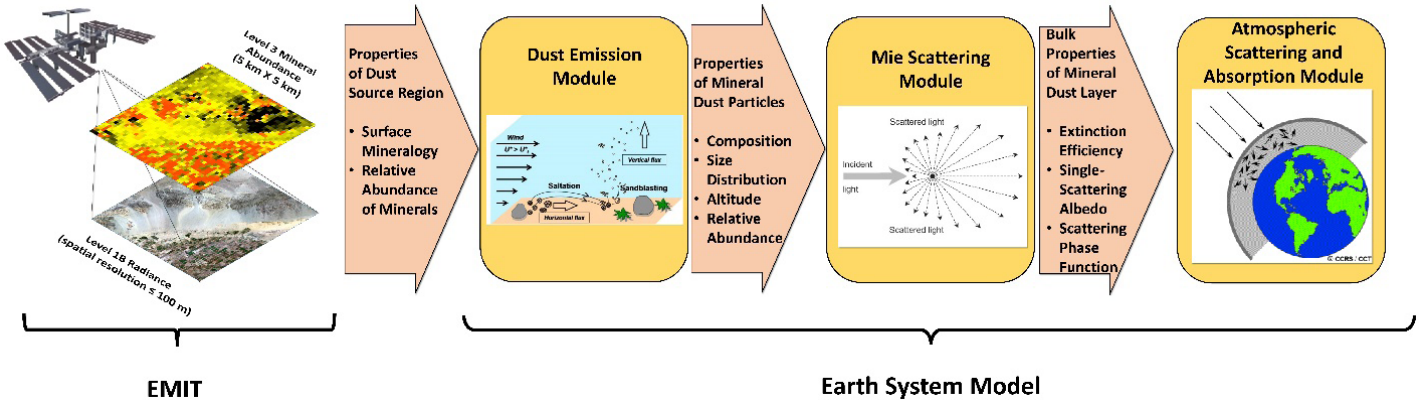
الشكل 14. مصادر الغبار من التربة العارية في نموذج Circumpolar DREAM باستخدام الخريطة G-SDS-SBM



الشكل 15. تحميل غبار النموذج Circumpolar DREAM حول القطب بوحدة gm2 (اللوحة اليسرى) ورصد المطياف MODIS (اللوحة اليمنى) ليوم 4 تشرين الثاني/ نوفمبر 2013 (اللوحة العلوية) ويوم 1 تشرين الأول/ أكتوبر 2020 (اللوحة السفلية). وتشير الأسهم إلى اتجاه انتقال الغبار.

مثل الصين ومنغوليا. وتتضح آثار العواصف الرملية والترابية بشكل خاص بالقرب من المصادر، مما يسبب ضرراً كبيراً للبشر وأضراراً اقتصادية. ومع ذلك، لا يزال هناك عدم يقين بشأن كيفية تغير الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية ومسارات انتقالها مع تغير المناخ في المستقبل (دراسة Szopa وآخرين، 2021). ومن أجل الفهم الدقيق للحالة المستقبلية للعواصف الرملية والترابية، فمن الضروري النظر في التغيرات في منطقة الغطاء النباتي الناجمة عن التأثيرات التفاعلية المناخية بين الأرض والطقس (والتي تشمل الأنشطة البشرية)، باستخدام نموذج نباتي ديناميكي. ومع ذلك، لا يوجد حالياً نموذج يمكنه التعامل مع هذه العمليات بدقة. وعلى الرغم من أن هذا التفاعل في منطقة الغطاء النباتي لم يؤخذ في الاعتبار، فقد قام Szopa وآخرون (2021) كخطوة أولى بتحليل كيفية تغير الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية مع تغير المناخ في المستقبل. واستند التحليل إلى نتائج تجارب المجموعة على خمسة سيناريوهات رئيسية للاحترار في المستقبل كجزء من المرحلة 6 من مشروع المقارنة بين النماذج المتقارنة (CMIP6) (دراسة O'Neill وآخرين، 2016؛ ودراسة Tebaldi وآخرين، 2021) باستخدام النسخة 2.0 من نموذج نظام الأرض التابع لمعهد بحوث الأرصاد الجوية (MRI-ESM2.0؛ دراسة Yukimoto وآخرين، 2019). وما فتئ معهد بحوث الأرصاد الجوية (MRI) تطوير هذا النموذج على مدى سنوات عديدة. ودُرس الاتجاه الطويل الأجل للانبعاثات من العواصف الرملية والترابية ومتوسط التوزيع الأفقي الشهري للانبعاثات من العواصف الرملية والترابية والبارامترات ذات الصلة التي تم تحديد متوسطها على مدى فترة 10 سنوات، فضلاً عن العلاقة بين المتوسط الشهري للانبعاثات من العواصف الترابية والبارامترات ذات الصلة. وجرى أيضاً تقدير متوسط المجموعة وتباينها لتجربة من تجارب المجموعة المكونة من 5 أعضاء لكل سيناريو من سيناريوهات الاحترار في المستقبل (SSP1-1.9 وSSP1-2.6 وSSP2-4.5 وSSP3-7.0 وSSP5-8.5)، مما مكّن من إجراء تقييمات كَمية لأثر الاحترار العالمي.

ويبين الشكل 17 الاتجاهات المُنمذجة في الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية في صحراء غوبي (90 درجة شرقاً - 110 درجة شرقاً، و35 درجة شمالاً - 45 درجة شمالاً) لكل شهر (2015-2100).



الشكل 16. تدفق عمليات التحقيق EMIT ونماذج نظام الأرض

وعلى مدار العام، لا يوجد تغيير كبير في كمية الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية المرتبطة بسيناريوهات الاحترار في المستقبل. ومع ذلك، فإن اتجاه زيادة الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية يصبح أكبر مع تقدم الاحترار، خاصةً في فصلي الربيع والخريف عندما يكون من الأسهل وصول العواصف الرملية والترابية إلى مناطق الوجهة النهائية.

وقد كشف هذا التحليل أن كمية الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية حول صحراء غوبي تزداد في الربيع والخريف بسبب تقدم الاحترار العالمي. ويمكن مناقشة هذه الآلية وفقاً لما يلي. بشكل عام، مع تقدم الاحترار العالمي على مدى القرن الحادي والعشرين، سينخفض الفرق في درجات الحرارة بين المناطق القطبية والمناطق المدارية، وستميل سرعات الرياح (بما في ذلك سرعة الاحتكاك) إلى أن تضعف بشكل عام. ومن ناحيةٍ أخرى، مع تقدم الاحترار العالمي، ستزداد درجة حرارة التربة أيضاً. ونتيجة لذلك، بالرغم من أن كمية الهطول (تراكم الثلوج) بالقرب من مصدر العواصف الرملية والترابية لا تتغير بشكل كبير، فإن ذوبان الثلوج يتسارع في الربيع (يتوقف تراكم الثلوج في الخريف)، وتقل كمية تراكم الثلوج. ونتيجة لذلك، يصبح سطح الأرض أكثر انكشافاً، وتزداد سرعة الاحتكاك بسبب الزيادة في الخشونة. ويؤدي هذا الانخفاض في الغطاء الثلجي والزيادة في سرعة الاحتكاك إلى زيادة الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية في الربيع والخريف. وسيكون لذلك أثر كبير على مصدر الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية ومناطق الوجهة النهائية. وبصفة عامة، فإن الزيادة في الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية في شرق آسيا خلال موسم الربيع، مقترنة بحقيقة أن الأهباء الجوية تنتقل بسهولة أكبر من شرق آسيا إلى مواقع أبعد خلال هذه الفترة، يكون لها تأثير مناخي أو اجتماعي أكبر. وينبغي أن تتضمن البحوث المقبلة تقييماً للأثر في هذا السياق.

ناتج قناع الغبار لمجموعة المطياف التصويري بالأشعة تحت الحمراء المرئية (VIIRS) لشراكة سومي الوطنية للمدار القطبي (NPP)

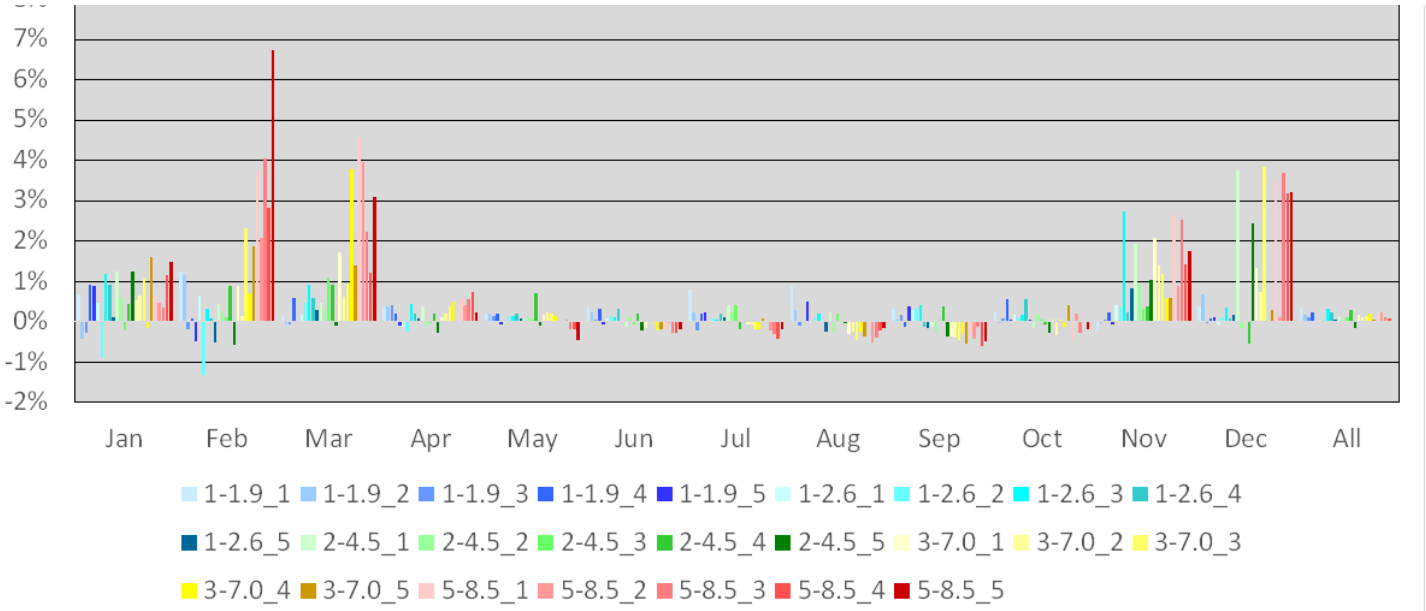
أعادت الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) معالجة تسع سنوات من نواتج الكشف عن الهباء الجوي لمجموعة المطياف التصويري بالأشعة تحت الحمراء المرئية (VIIRS) التابعة لشراكة سومي الوطنية للمدار القطبي (NPP)، والتي تشمل قناع الغبار وقناع الدخان ومؤشر امتصاص الهباء الجوي، باستخدام إشعاعات متسقة ومُعايرة جيداً. وتتمتع هذه النواتج بتغطية يومية على مستوى العالم باستبانة قدرها 750 ميغا بكسل، وتُتاح للمستخدمين في شكل حبيبات فردية بتنسيق ملفات (netCDF). وتكتشف الخوارزمية الغبار باحتمالية تبلغ 80 في المائة أو أكثر للاكتشاف الصحيح لأعمدة الغبار السميكة؛ وبدقة ناتج أقل بالنسبة لأعمدة الغبار الرقيقة التي تكون في اتجاه الريح في مناطق المصدر (https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/aq/AerosolWatch/docs/JPSS_VIIRS_EPS_ADP_ATBD_V1.3_20180606.pdf).

ويُظهر علم المناخ لجزيئات الغبار في تموز/ يوليو الناتج باستخدام بيانات في الفترة من عام 2012 إلى عام 2020 وجودَ غبار كثيف بالقرب من مناطق المصدر في أفريقيا والشرق الأوسط وغرب الصين. وتُحدد حالات استرجاع مستويات البيكسل المنفردة (استبانة قدرها 750 ميغا) للدخان والغبار والسماء الصافية/ بدون أهباء جوية والهباء الجوي غير المحدد باستخدام إلكترود بمقدار ربع درجة. ولكل إلكترود بمقدار ربع درجة، يُحسب كسر الغبار كنسبة من عدد وحدات البيكسل للغبار مقابل العدد الإجمالي لوحدات البيكسل. والغبار فوق الولايات المتحدة القارية موجود في الجنوب الغربي، ولكنه ليس مرتفعاً كما في أفريقيا. ويبدو انتقال الغبار عبر المحيط الأطلسي واضحاً تماماً، مع التدفق من الصحراء الكبرى. ويُتاح الناتج للمستخدمين من خلال الرابط: https://noaa-jpss.s3.amazonaws.com/index.html#SNPP/VIIRS/SNPP_Aerosol_Detection_Product_Reprocessed. ويمكن كذلك الحصول على كود "Python" لقراءة البيانات ومعالجتها وعرضها بمجرد الطلب عن طريق البريد الإلكتروني: Shobha.Kondragunta@noaa.gov أو Pubu.Ciren@noaa.gov.

بناء القدرات

تحالف الغبار لأمريكا الشمالية

تحالف الغبار لأمريكا الشمالية (DANA)، وذراعه التشغيلي المتمثل في لجنته التوجيهية، هو منظمة جديدة وشراكة بين العلميين والممارسين من أجل تسريع نقل الأعمال البحثية المتعلقة بالغبار إلى خدمة. ولقد تشكل هذا التحالف من ندوة الغبار في جنوب نيو مكسيكو وغرب الولايات



الشكل 17. معدل الزيادة في الانبعاثات من العواصف الرملية والترابية في صحراء غوبي في الفترة من 2015 إلى 2100 (نسبة مئوية سنوياً). وتشير الأرقام الثلاثة الموجودة على يسار الشرطة السفلية إلى رقم سيناريو المسقط الرأسي للساتل (SSP)، ويشير الرقم الموجود على يمين الشرطة السفلية إلى فهرس أعضاء المجموعة. المصدر: استناداً إلى دراسة Maki وآخرين (2022)

المتحدة في تشرين الأول/ أكتوبر 2021 (دراسة Sprigg وآخرين، 2022). ومع التركيز على أمريكا الشمالية، تتمثل مهمة التحالف في إلهام ودعم وتعزيز التعاون العالمي في مجال العلوم والخدمات من أجل الكشف عن المعرفة المتعلقة بجُسيمات الغبار المحمولة جواً وتكييفها بهدف التخفيف من مخاطرها على الصحة والسلامة ونوعية الحياة (انظر، على سبيل المثال، دراسة Tong وآخرين، 2021). ويتطوع الخبراء الأعضاء في مجالات البحوث والسياسات العامة والخدمات بوقتهم وخبراتهم، وفي كثير من الأحيان بمواردهم، من أجل التواصل والتنسيق والإعلام، بحيث يتم تسريع نواتج البحوث إلى التطبيق وتحقيق المنفعة العامة.

وقد بدأ التعاون الحاسم، بما في ذلك من خلال عقد ندوة/ حلقة عمل سنوية على غرار اجتماع تشرين الأول/ أكتوبر 2021 وسلسلة حلقات دراسية شهرية عبر الإنترنت، تُتاح من خلالها الأبحاث المتطورة للجمهور العالمي المتصل بالإنترنت، وكذلك صفحة على شبكة الإنترنت لتحالف الغبار لأمريكا الشمالية (DANA) (dustalliance.org). ويجري أيضاً حالياً التخطيط للتوصيات من أجل التوعية بالبرامج والتثقيف العام، والجوائز والاعتراف المجتمعي بالإنجازات، والدعم في بداية الحياة العملية، والتدريب وبناء القدرات، والنشر العام للأخبار والظواهر المتعلقة بالغبار. ويستمر العمل الرامي إلى تحسين الوصول إلى الأدوات والمعلومات، والمساعدة على نقل نتائج البحوث إلى الخدمة العامة بكفاءة أكبر.

وتشترك أمريكا الشمالية في عواقب الغبار المحمول جواً (على سبيل المثال، كأسمدة تفيد الإنتاجية الأولية للمحيطات، والغبار المُعمي الذي يهدد سلامة النقل، والجسيمات القابلة للاستنشاق التي تعرض الصحة العامة للخطر، لتتسبب على وجه الخصوص في حمى الوادي وأمراض الجهاز التنفسي) وفي المصادر (على سبيل المثال، صحارى آسيا وأفريقيا، وصحراء تشيواوا في الولايات المتحدة الأمريكية/ المكسيك، والتربة المكشوفة للأنهار الجليدية المنحسرة في القطب الشمالي). وهناك أيضاً سياسة بيئية مشتركة (على سبيل المثال، لجنة التعاون البيئي، وهي أحد سبل التعاون بين كندا والمكسيك والولايات المتحدة). ويقدم المجتمع الدولي لتحالف الغبار (DANA) إضافة فيما يتعلق بالصلة والموارد، مثل المعلومات وموارد السياسات والبرامج والمبادرات مع نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) ومؤتمر الأطراف (COP) في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC).

نحو تطوير الخدمات الترابية: inDust

تتطلب إدارة مخاطر وآثار العواصف الرملية والترابية والتخفيف من حدتها معرفة أساسية ومتعددة التخصصات. ونظراً للآثار الكبيرة للعواصف الرملية والترابية، فإن تصميم الخدمات الترابية يعد أحد القضايا البحثية الرئيسية التي حددها تحالف الأمم المتحدة لمكافحة العواصف الرملية والترابية، الذي تقود من خلاله المنظمة (WMO) استراتيجية التنبؤ والإنذار المبكر. ويعتبر هذا هو الهدف الرئيسي لعمل منظمة التعاون الأوروبي في ميدان الأبحاث العلمية والتقنية (COST) المعنون inDust: الشبكة الدولية لتشجيع استخدام نواتج رصد الغبار والتنبؤ به، والذي انتهى رسمياً في 30 تشرين الأول/ أكتوبر 2021.

وقد سعت جميع الأنشطة التي تم تطويرها في إطار العمل inDust إلى إذكاء الوعي والرؤية المتعلقة بآثار الرمال والغبار على مختلف القطاعات الاجتماعية الاقتصادية (انظر، على سبيل المثال، الشكل 18). ويعد ذلك خطوة أساسية لبناء القدرات من خلال تعزيز سبل التعاون واستخدام النواتج المتاحة (من خلال تنظيم أنشطة التدريب) في سياق إقليمي. ويجري النظر في جميع نتائج العمل inDust باعتبارها الأساس للتطوير المستقبلي لتوفير خدمات الغبار داخل نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO).

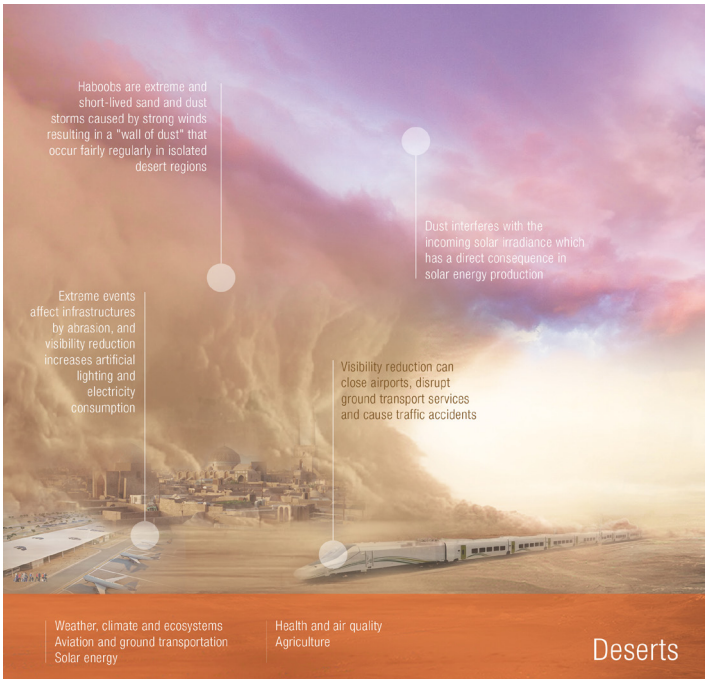
وتمثلت إحدى النتائج النهائية للعمل inDust في إنشاء كتاب متميز بعنوان آثار العواصف الرملية والترابية (مطبوع وتفاعلي) وفيديو ذي صلة بالرسوم المتحركة يعرض آثار العواصف الرملية والترابية على النقل والبنية التحتية، والزراعة والطاقة، والصحة وجودة الهواء، ونظام الأرض.

وبصرف النظر عن إنشاء شبكة متعددة التخصصات (تشمل مقدمي الخدمات والباحثين والمستخدمين)، تشمل نتائج العمل inDust (من بين نتائج أخرى) مواد توعية، وسلسلة من الحلقات الدراسية عبر الإنترنت، وكتالوج تعاوني لنواتج الغبار يمكن الوصول إليه من خلال مركز برشلونة الإقليمي للغبار التابع للمنظمة (WMO) (وهو المركز الإقليمي لشمال أفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا الخاص بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO)).

أخبار أخرى

يوم العواصف الرملية والترابية، 16 أيار/ مايو 2022

لزيادة الوعي بشأن العواصف الرملية والترابية، عُقد يوم العواصف الرملية والترابية في جناح اتفاقيات ريو أثناء الدورة الخامسة عشرة لمؤتمر الأطراف (COP15) في اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UNCCD). وأتاح هذا اليوم فرصة لتبادل المعارف وتنمية القدرات فيما بين أصحاب المصلحة والشركاء المعنيين بالقضايا ذات الصلة. وشمل ذلك ممثلين من البلدان المتضررة المشاركين في السياسة العامة وصنع القرارات وتنفيذها، فضلاً عن ممارسين ميدانيين، وأعضاء في تحالف الأمم المتحدة لمكافحة العواصف الرملية والترابية (UN SDS Coalition)، وممثلين عن الدوائر العلمية والمحلية. وقد قدمت نتائج المناقشات مدخلات في مداولات مؤتمر الأطراف بشأن العواصف الرملية والترابية وغيره من المنتديات ذات الصلة. ويُتاح



الشكل 18. مقتطف من نشرة inDust التي توضح آثار الغبار على القطاعات المختلفة. ويمكن الوصول إليه من خلال الرابط: https://cost-indust.eu/media-room/resources.

هنا رابط مذكرة المفاهيم ليوم العواصف الرملية والترابية وجدول أعماله. وحول هذا اليوم، أطلقت كذلك الخلاصة الوافية فيما يتعلق بالعواصف الرملية والترابية: معلومات وإرشادات بشأن تقييم ومعالجة المخاطر. وشارك نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) وشركاؤه بفعالية في كتابة هذا المنشور المشترك بين وكالات الأمم المتحدة الذي تنسقه اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر (UNCCD) وتحالف الأمم المتحدة المعني بالعواصف الرملية والترابية، مع تولي المنظمة (WMO) تحديداً مسؤولية ثلاثة فصول من الخلاصة الوافية.

مبادرات إقليمية جديدة لغرب آسيا ودول مجلس التعاون الخليجي

كانت هناك مبادرتان إقليميتان مهمتان تتعلقان بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO)؛ الأولى لدول مجلس التعاون الخليجي (GCC)، والثانية لغرب آسيا. وجميع البلدان المشاركة في هذه المبادرات، المبينة أدناه، هي أيضاً من المشاركين في محور شمال افريقيا والشرق الأوسط وأوروبا (NAMEE) الخاص بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS).

حلقة عمل حول العواصف الرملية والترابية في شبه الجزيرة العربية، 1-2 حزيران/ يونيو 2022

عقد المركز الوطني للأرصاد الجوية في المملكة العربية السعودية، بالتعاون مع دول مجلس التعاون الخليجي (GCC) والمنظمة (WMO)، حلقة عمل إقليمية في جدة حول العواصف الرملية والترابية في شبه الجزيرة العربية، وذلك من أجل بناء الوعي واكتساب فهم أفضل للآثار. وناقش المشاركون في حلقة العمل العمليات الفيزيائية في دورة الغبار وتأثيرات الغبار المحمول جواً على الصحة والنقل ومختلف القطاعات الاجتماعية والاقتصادية الأخرى. واطلع المشاركون أيضاً على دور الدراسات البحثية في تحديد الحلول والأساليب للحد من التأثيرات السلبية للعواصف الرملية والترابية، واستعرض المشاركون الولاية والأهداف الاستراتيجية الوطنية والإقليمية والدولية لمحور مجلس التعاون الخليجي (GCC) الخاص بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS)، إذ قيّموا أهمية الإنذارات المبكرة بهذه العواصف. واتفق المشاركون في حلقة العمل على أن هناك حاجة إلى تحسين تبادل البيانات والمعلومات المتعلقة بالعواصف الرملية والترابية بين أعضاء مجلس التعاون الخليجي (GCC)، وأن هناك حاجة إلى إجراء مزيد من البحوث التطبيقية بشأن العواصف الرملية والترابية في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي (GCC).

مبادرة غرب آسيا الإقليمية بخصوص نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) (جمهورية إيران الإسلامية وتركيا)

نوقشت فكرة إنشاء نظام إقليمي للإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) في غرب آسيا في إطار نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، وذلك منذ عام 2013 (انظر إنشاء محور إقليمي لنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها التابع للمنظمة (WMO) من أجل غرب آسيا: القدرات والاحتياجات الحالية - الموجز التنفيذي (مطبوع المنظمة رقم 1122) والتقرير الفني (مطبوع المنظمة رقم 1121))، دون إحراز أي تقدم ملحوظ في سبيل تحقيقها. وتمتلك كل من إدارة الأرصاد الجوية لدولة تركيا (TSMS) ومنظمة الأرصاد الجوية لجمهورية إيران الإسلامية (IRIMO) خبرةً طويلة الأمد في مجال رصد العواصف الرملية والترابية ونمذجتها والبحوث المتعلقة بها، وتشاركان بفعالية في محور شمال أفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا (NAMEE) التابع للفريق التوجيهي الإقليمي المعني بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS). ولحُسن الحظ، في عام 2022، عملت إدارة الأرصاد الجوية لدولة تركيا (TSMS) ومنظمة الأرصاد الجوية لجمهورية إيران الإسلامية (IRIMO) معاً على المبادرة ووقعتا مذكرة لإبداء النوايا من أجل إنشاء نظام للإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) في منطقة غرب آسيا. وأقيمت احتفالية التوقيع الافتراضي على مذكرة النوايا بين منظمة الأرصاد الجوية لجمهورية إيران الإسلامية (IRIMO) وإدارة الأرصاد الجوية لدولة تركيا (TSMS) في 8 آذار/ مارس 2022، بمشاركة الممثل الدائم لكلا البلدين لدى المنظمة (WMO)، فضلاً عن رئيسي الاتحادين الإقليميين الثاني (آسيا) والسادس (أوروبا) التابعين للمنظمة (WMO).

جائزة رفيعة للدكتور Slobodan Nickovic

مُنحت ميدالية Plinius لعام 2022 للدكتور Slobodan Nickovic لعمله الرائد في نمذجة العواصف الرملية والترابية، ومساهماته الكبيرة في تطوير نظام عالمي للإنذار بالعواصف الترابية وتقييمها (انظر الشكل 19). وهذه الميدالية أسستها شعبة المخاطر الطبيعية لدى الاتحاد الأوروبي للجيوفيزياء (EGU) كنوع من التقدير لأبحاث المخاطر الطبيعية ذات التخصصات المتعددة. ويعترف اسم Gaius Plinius Secundus (~ 23-79 بعد الميلاد) بدور مَن عملوا تاريخياً على تحسين كل من المعرفة بالمخاطر الطبيعية والتخفيف من حدتها. ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل حول أعمال الدكتور Nickovic في هذه المدونة الخاصة بالاتحاد الأوروبي للجيوفيزياء (EGU). ويعمل الدكتور Nickovic حالياً خبيراً استشارياً للبحوث في جامعة العلوم الفيزيائية في بلغراد، صربيا، وفي دائرة الأرصاد الجوية الهيدرولوجية بجمهورية صربيا. وهو أيضاً رئيس محور شمال افريقيا والشرق الأوسط وأوروبا (NAMEE) المعني بنظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) وعضو في لجنتها التوجيهية العالمية (2014-2022)، وكان سابقاً موظفاً علمياً لدى أمانة المنظمة (WMO)، حيث عمل أيضاً كمنسق لمشروع نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) (2005-2013). وكان الدكتور Nickovic أحد رواد نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO): فبدأ هذا المشروع ومنصته العلمية وطورهما، جنباً إلى جنب مع كل من البروفيسور Len Barrie، والبروفيسور Xiaoye Zhang، والبروفيسور J. M. Prospero، والعديد من العلميين الآخرين غيرهم. لذلك، ليس من المستغرب أن يُمنح ميدالية Plinius المرموقة من الاتحاد الأوروبي للجيوفيزياء (EGU). ونتقدم بخالص تهانينا إلى Slobodan، أحد أعظم الخبراء في نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS WAS) والموظف السابق في أمانة المنظمة (WMO)!

الشكل 19. الدكتور Slobodan Nickovic (على اليمين) يتسلم ميدالية Plinius لعام 2022 من الدكتورة Irina Didenkulova (على اليسار)، رئيسة شعبة المخاطر الطبيعية لدى الاتحاد الأوروبي للجيوفيزياء (EGU) (المصدر: Alexander Baklanov، المنظمة (WMO))

Cooperative Institute for Research in the Atmosphere (CIRA) [@CIRA_CSU]. Today's Dust Storm along the U.S. Mexico Border. A Multiple Satellite Product Perspective. *Twitter*, 17 March 2021. https://twitter.com/CIRA_CSU/status/1371997917691584512.

Dagsson-Waldhauserova, P.; Renard, J.-B.; Olafsson, H. et al. Vertical Distribution of Aerosols in Dust Storms during the Arctic Winter. *Scientific Reports* **2019**, *9*. https://doi.org/10.1038/s41598-019-51764-y.

Firozi, P.; Cappucci, M. At Least Eight Killed, Several Injured after Utah Sandstorm Triggers Car Crashes. *Washington Post*, 26 July 2021. https://www.washingtonpost.com/nation/2021/07/26/sandstorm-utah/.

Gelaro, R.; McCarty, W.; Suárez, M. J. et al. The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate* **2017**, *30* (14), 5419–5454. https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0758.1.

Gui, K.; Che, H.; Zheng, Y. et al. Three-Dimensional Climatology, Trends, and Meteorological Drivers of Global and Regional Tropospheric Type-Dependent Aerosols: Insights from 13 Years (2007–2019) of CALIOP Observations. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2021**, *21* (19), 15309–15336. https://doi.org/10.5194/acp-21-15309-2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner H.-O.; Roberts D.C.; Masson-Delmotte V. et al. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, and New York, USA, 2019. https://www.ipcc.ch/srocc/.

KWCH Staff. Two Die in Crash Caused by Kansas Windstorm. *KWCH*, 20 December 2021. https://www.kwch.com/2021/12/20/2-die-crash-caused-by-kansas-windstorm/.

Maki, T.; Tanaka, T. Y.; Koshiro, T. et al. Changes in Dust Emissions in the Gobi Desert Due to Global Warming Using MRI-ESM2.0. *Scientific Online Letters on the Atmosphere (SOLA)* **2022**, *18*. https://doi.org/10.2151/sola.2022-035.

Meinander, O.; Dagsson-Waldhauserova, P.; Amosov, P. et al. Newly Identified Climatically and Environmentally Significant High-Latitude Dust Sources. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2022**, *22* (17), 11889–11930. https://acp.copernicus.org/articles/22/11889/2022/acp-22-11889-2022-discussion.html.

Nickovic, S.; Kallos, G.; Papadopoulos, A. et al. A Model for Prediction of Desert Dust Cycle in the Atmosphere. *Journal of Geophysical Research* **2001**, *106* (D16), 18113–18129. https://doi.org/10.1029/2000JD900794.

O'Donoghue, A. J. Deadly Dust Storm Another Reminder of Extreme Heat and Drought Scorching West. *Deseret News*, 26 July 2021. https://www.deseret.com/utah/2021/7/26/22594609/extreme-drought-and-deadly-summer-takes-it-toll-weather-climate-change-wind-storm-environment.

O'Neill, B. C.; Tebaldi, C.; van Vuuren, D. P. et al. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development* **2016**, *9*, 3461–3482. https://doi.org/10.5194/gmd-9-3461-2016.

Sarles, C. WSP Responded to 36 Collisions Due to Sunday Dust Storm. *KXLY.com*, 29 March 2021. https://www.kxly.com/wsp-responded-to-36-collisions-due-to-sunday-dust-storm/.

Sprigg, W. A.; Gill, T. E.; Tong, D. Q. et al. Are Opportunities to Apply Airborne Dust Research Being Missed? *Bulletin of the American Meteorological Society* **2022**, *103* (6), E1587–E1594. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0034.1.

Szopa, S.; Naik, V.; Adhikary, B. et al. Short-Lived Climate Forcers. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, V.; Pirani, A. et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, and New York, USA, 2021. https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/.

Tackett, J. L.; Winker, D. M.; Getzewich, B. J. et al. CALIPSO Lidar Level 3 Aerosol Profile Product: Version 3 Algorithm Design. *Atmospheric Measurement Techniques* **2018**, *11* (7), 4129–4152. https://doi.org/10.5194/amt-11-4129-2018.

Tebaldi, C.; Debeire, K.; Eyring, V. et al. Climate Model Projections from the Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) of CMIP6. *Earth System Dynamics* **2021**, *12*, 253–293. https://doi.org/10.5194/esd-12-253-2021.

Tong, D.; Baklanov, A.; Barker, B. et al. Health and Safety Effects of Airborne Soil Dust in the Americas and Beyond. *Earth and Space Science Open Archive* 2021 [Preprint]. https://doi.org/10.1002/essoar.10508890.1.

United Nations General Assembly (UNGA). *Combating Sand and Dust Storms: Report of the Secretary-General*; UNGA, 2021. https://undocs.org/Home/Mobile?FinalSymbol=A%2F76%2F219&Language=E&DeviceType=Mobile&LangRequested=False.

Vukovic Vimic, A. *Report on Consultancy to Develop Global Sand and Dust Source Base Map*, no. CCD/18/ERPA/21, UNCCD, 2019.

Vukovic Vimic, A. *Sand and Dust Storms Source Base-map*, UNCCD Visualization Tool 2021a. https://maps.unccd.int/sds/.

Vukovic Vimic, A. *High-Resolution Global Dust Map, COST Action InDust Webinar*. YouTube, 21 April 2021b. https://www.youtube.com/watch?v=4tsbspJvuAs.

Watchers, The. Massive Dust Storm Sweeps Through Colorado, Kansas and Nebraska, U.S. *The Watchers*, 16 December 2021. https://watchers.news/2021/12/16/dust-storm-colorado-nebraska-kansas-december-2021/.

Yukimoto, S.; Kawai, H.; Koshiro, T. et al. The Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and Basic Evaluation of the Physical Component. *Journal of the Meteorological Society of Japan Ser. II* **2019**, *97* (5), 931–965. https://doi.org/10.2151/jmsj.2019-051.

Wilkerson, MSGT W. D. *Dust and Sand Forecasting in Iraq and Adjoining Countries*; AWS/TN–91001; Air Weather Service (AWS), United States Air Force Environmental Technical Applications Center (USAFETAC): Scott Air Force Base, Illinois, 1991. https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA247588.pdf.

World Meteorological Organization (WMO). Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs – Technical Report (WMO-No. 1121); WMO/UNEP: 2013.

World Meteorological Organization (WMO). Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs – Executive Summary (WMO-No. 1122); WMO/UNEP: 2013.

World Meteorological Organization (WMO). WMO Airborne Dust Bulletin, No. 5: Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System; WMO: Geneva, 2021.

مواقع نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع للمنظمة (WMO) على الإنترنت وجهات الاتصال

نظام الإنذار بالعواصف الرملية والترابية وتقييمها (SDS-WAS) التابع (WMO):

https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/sand-and-dust-storms

البريد الإلكتروني: abaklanov@wmo.int

المركز الإقليمي لشمال أفريقيا والشرق الأوسط وأوروبا (NAMEE):

http://dust.aemet.es

البريد الإلكتروني: dust@aemet.es

المركز الإقليمي لآسيا:

http://www.asdf-bj.net

البريد الإلكتروني: xiaoye@cma.gov.cn

المركز الإقليمي للأمريكتين:

http://sds-was.cimh.edu.bb

البريد الإلكتروني: asealy@cimh.edu.bb

هيئة التحرير

Andrea Sealy (المعهد الكاريبي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا)، Daniel Tong (جامعة جورج ميسون)، وXiaoye Zhang (الأكاديمية الصينية لعلوم الأرصاد الجوية، CMA)، وSlobodan Nickovic (دائرة الأرصاد الجوية الهيدرولوجية بجمهورية صربيا)، وErnest Werner (هيئة الأرصاد الجوية الحكومية بإسبانيا)، وTakashi Maki (معهد بحوث الأرصاد الجوية بالوكالة اليابانية للأرصاد الجوية، JMA)، وSara Basart (مركز برشلونة للحوسبة الفائقة)، وAlexander Baklanov (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية)

جميع المؤلفين (حسب الترتيب الأبجدي الإنكليزي)

Sara Attarchi، وAlexander Baklanov، وSara Basart، وCihan Dundar، وTom Gill، وRobert O. Green، والفرقة المعنية بالتحقيق (EMIT)، وSaviz Sehat Kashani، وGui Ke، وShobha Kondragunta، وTakashi Maki، وSlobodan Nickovic، وMehdi Rahnama، وAndrea Sealy، وWilliam Sprigg، وDaniel Tong، وErnest Werner، وXiaoye Zhang.

JN 22723