# ماذا تعرف عن

قرأت لك

## النشاط الشمسي وعلاقته بالتغيرات المناخية على كوكب الارض بين التأييد والمعارضة

ياسر عبد الجواد السيد
مدير مركز تنبؤات
مطار القاهرة

• في ١٤ يوليو ٢٠٢٢ ،نشر YouTuber Ben Davidson مقطع فيديو على قناته Suspicious0bservers الذي يدعي أن الشمس هي السبب الجذري للاحتباس الحراري الذي لاحظه العلماء منذ الثورة الصناعية.

• يزعم ديفيدسون ،الذي تضم قناته أكثر من ٦٠٠٠٠٠ مشترك ،أن علم المناخ الحالي لا يأخذ في الحسبان " الجسيمات الشمسية والأشعة الكونية والمجال المغناطيسي بين الكواكب والمجال المغناطيسي الضعيف للأرض».

• قال جورج فيولنر، نائب رئيس قسم الأبحاث في معهد بوتسدام لأبحاث تأثير المناخ، إن العلماء لم يجدوا صلة بين هذه العوامل والتغيرات المهمة في مناخ كوكب الأرض. من ناحية أخرى، فإن تأثير الاحترار لغازات الاحتباس الحراري قد ثبت جيدًا – كما هو الحال بالنسبة للعلاقة بين الأنشطة البشرية والاحترار الحالي للأرض.

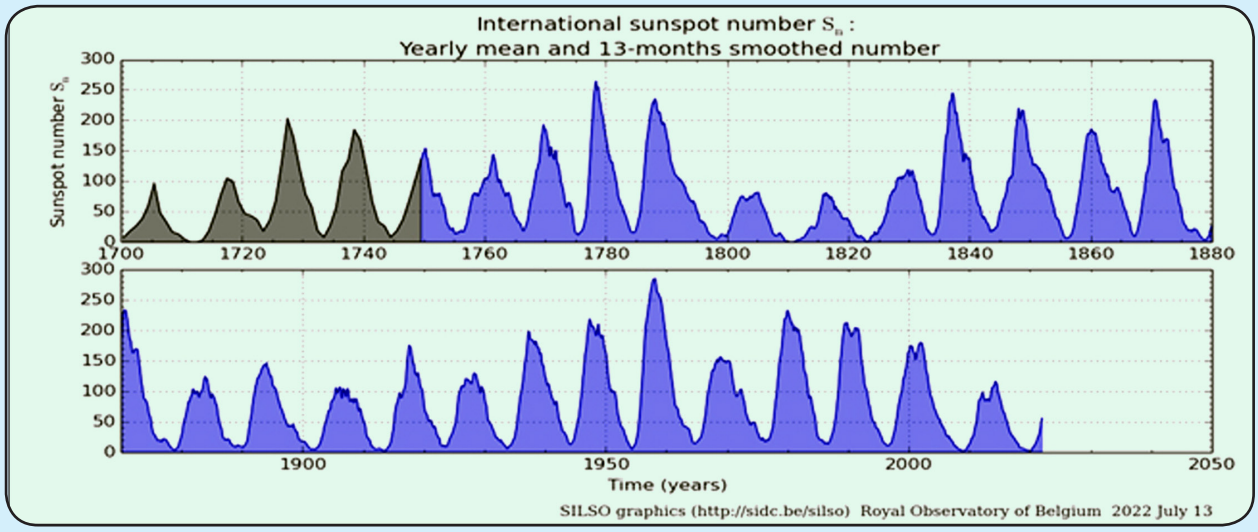
قال فيولنر في رسالة بالبريد الإلكتروني إلى Science Feedback: "ليس هناك شك مطلقًا في المجتمع العلمي في أن أزمة المناخ الحالية ناتجة عن أنشطة بشرية".

أحد العوامل التي يشير إليها ديفيدسون على أنها تدفع بالمعدلات الحالية لتغير المناخ هي الانبعاث الكتلي الإكليلي (CMEs) ،وهي ظاهرة حددها مركز التنبؤ بالطقس الفضائي التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) على أنها "عمليات طرد كبيرة للبلازما والمجال المغناطيسي من هالة الشمس". يستشهد ديفيدسون بورقة نُشرت عام ٢٠٠٢ في مجلة البحوث الجيوفيزيائية: فيزياء الفضاء لدعم ادعائه بأن الشمس أنتجت ضعف عدد الكواكب المنتظمة من عام ١٩٤٠ إلى ٢٠٠٥ كما فعلت قبل قرن من الزمان. في ملخصها، تشير دراسة عام ٢٠٠٢ إلى: "نعتقد أن معدل طرد الكتلة الإكليلية (CME) للدورات الشمسية الأخيرة كان أعلى مرتين تقريبًا من معدل الدورات الشمسية قبل ١٠٠ عام."

## وكان رد مؤلف هذه الورقة البحثية على ادعاء ديفيدسون كتالي:

لا ترتبط إخراج الكتلة الإكليلية بالتغيرات القابلة للقياس في درجة حرارة الأرض، لأن المجال المغناطيسي المحيط بالأرض يعكس الطاقة الهائلة التي تعيدها الكتل الإكليلية المقذوفة إلى الفضاء. هذا المجال المغناطيسي، كما لاحظت وكالة ناسا، "يحمينا من تآكل غلافنا الجوي بفعل الرياح الشمسية (الجسيمات المشحونة التي تقذفها شمسنا باستمرار) والتآكل والإشعاع الجسيم من القذف الكتلي الإكليلي (السحب الهائلة من البلازما الشمسية النشطة والممغنطة والإشعاع ) ، والأشعة الكونية من الفضاء"

ومع ذلك، يدعي ديفيدسون أن ضعف المجال المغناطيسي للأرض جعل من السهل على طاقة الشمس تدفئة الكوكب. وفقًا لوكالة ناسا، ضعف المجال المغناطيسي للأرض بحوالي ٩ بالمائة في المتوسط خلال الـ ٢٠٠ عام الماضية - لكن "الدراسات المغناطيسية القديمة تُظهر أن المجال قوي تقريبًا كما كان عليه في المائة ألف عام الماضية، وهو ضعف شدة المليون- متوسط العام ". والعلماء ليس لديهم سبب الاعتقاد بأن قطبي الأرض، كما يدعي ديفيدسون، سوف يتقلبان في أي وقت قريب: تحدث انعكاسات القطب على مدى مئات إلى آلاف السنين، وليس هنا كما يضمن أن المجال المغناطيسي الحالي للأرض سيستمر في الضعف.




شكل (١)

Graph shows sunspot numbers from 1700- present. Courtesy Ian Richardson
(Credit: Royal Observatory of Belgium)

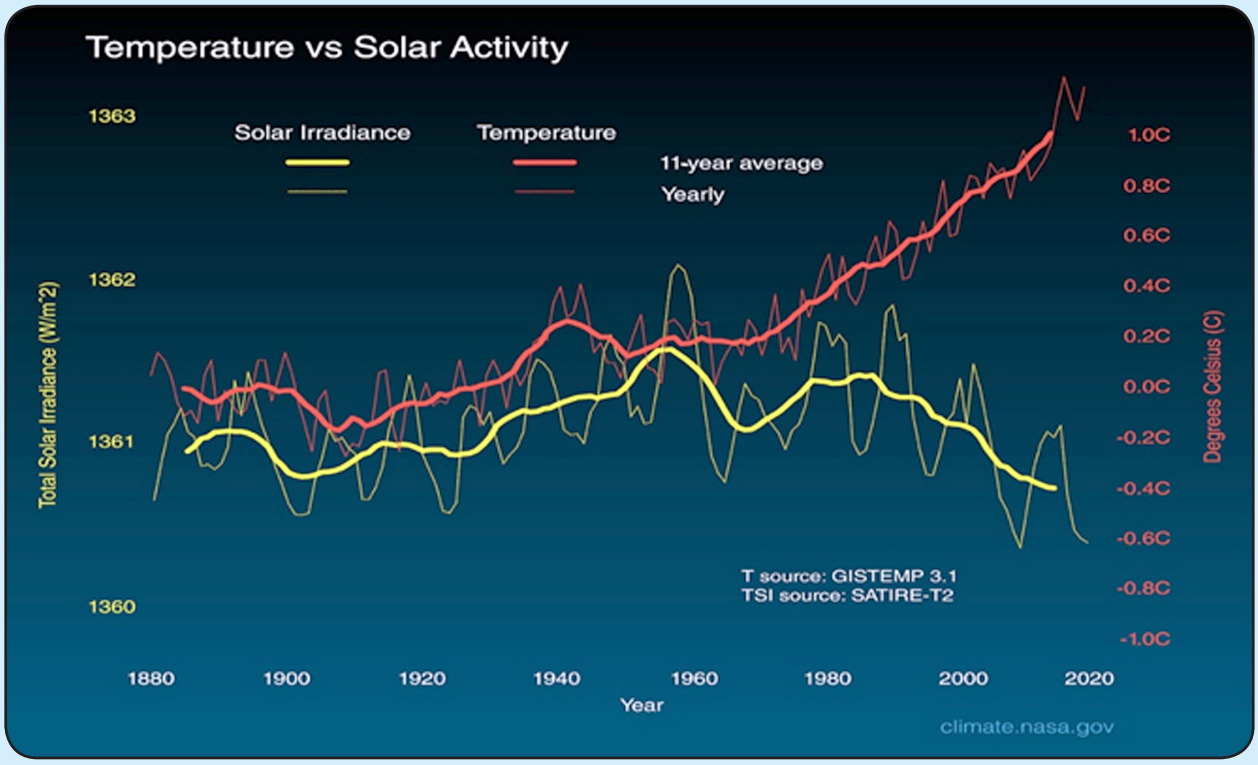
يشير ديفيدسون أيضًا إلى رسم بياني للأربعة قرون الماضية من ملاحظات البقع الشمسية كدليل على أن الشمس تلعب دورًا رئيسيًا في تغير المناخ الملحوظ حاليًا. البقع الشمسية هي مواقع على سطح الشمس تكون أكثر برودة من بقية الشمس، ويميل عددها إلى الاختلاف في دورات مدتها ١١ عامًا تقريبًا. عندما يكون نشاط البقع الشمسية عند الحد الأقصى، تميل إلى أن تكون هناك زيادة طفيفة في ناتج طاقة الشمس. لكن هذا الناتج غير مرتبط بتغيرات كبيرة في درجات الحرارة؛ وفقًا لـNOAA Climate.gov، يقدر العلماء أن الزيادات الطفيفه في مستويات ضوء الشمس بين أواخر القرن التاسع عشر ومنتصف القرن العشرين ساهمت في ارتفاع درجة حرارة تصل إلى ٠,١ درجة مئوية في معظم درجات حرارة الأرض البالغة ١,٠ درجة مئوية منذ عصر ما قبل الصناعة.

"حقيقة أن النشاط الشمسي المستند إلى عدد البقع الشمسية قد انخفض خلال الدورات الشمسية الأربع إلى ١١ عامًا الماضية قد تشكل مشكلة لأولئك الذين يدعون إلى وجود علاقة بين الاحتباس الحراري والنشاط الشمسي، حيث يستمر الاحتباس الحراري في الزيادة،" قال ريتشاردسون. "يبدو أن الاختلافات الدراماتيكية في عدد البقع الشمسية، والظواهر ذات الصلة مثل معدل الكتل الكبيرة الحجم لا تؤدي بعد ذلك إلى تأثيرات كبيرة على الأرض - فقط تغييرات كبيرة في مكون صغير جدًا من مدخلات الطاقة."

على عكس ادعاءات ديفيدسون، قام العلماء بتقييم التأثير المحتمل للشمس على تغير المناخ ووجدوا أنه يتضاءل أمام تأثير الأنشطة البشرية. خلصت دراسة أجريت عام ٢٠١٦ إلى أنه من بين الاختبارات التي تم إجراؤها لتحديد تأثير النشاط الشمسي على تغير المناخ الملحوظ، "تشير جميعها إلى أن مساهمة النشاط الشمسي المتغير إما من خلال الأشعة الكونية أو بطريقة أخرى لايمكن أن تكون قد ساهمت بأكثر من ١٠٪ من الاحترار العالمي الذي شوهد في القرن العشرين." الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وفقًا لوكالة ناسا:

"منذ عام ١٧٥٠ ،أصبح الاحترار الناتج عن غازات الدفيئة الناتجة عن الاحتراق البشري للوقود الأحفوري أكبر بأكثر من ٥٠ مرة من الاحترار الطفيف الناتج عن الشمس نفسها خلال نفس الفترة الزمنية".

تبعث الشمس أيضًا جسيمات نشطة، بما في ذلك الأشعة الكونية المجرية، والتي كان يفترض في وقت ما أنها تؤثر على تكوين السحب و بالتالي درجة الحرارة العالمية. ومع ذلك،فقد حددت الأبحاث أن الأشعة الكونية المجرية ليست مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بتكوين السحب.




شكل (٢)

مقارنة التغيرات في درجة حرارة سطح الأرض (الأحمر) وطاقة الشمس التي تتلقاها الأرض (الأصفر) بالواط لكل متر مربع منذ عام ١٨٨٠. يمكن للمرء أن يرى أنه منذ الستينيات، تغيرت درجة الحرارة العالمية والنشاط الشمسي في اتجاهين متعاكسين. المصدر: NASA / JPL-Caltech

أحد الأسباب التي تجعل العلماء يعرفون أن الشمس ليست مسؤولة عن الاحترار الملحوظ حاليًا هو أن معدل وحجم الاحترار الحالي مرتفع جدًا بحيث لا يمكن ربطه بالتغيرات في الشمس أو مدار الأرض. بالإضافة إلى ذلك، إذا كانت الشمس مسؤولة عن تغير المناخ، فإن العلماء يتوقعون أن يروا ارتفاع درجة حرارة من سطح الأرض حتى طبقة الستراتوسفير (الطبقة الثانية من الغلاف الجوي للأرض). وبدلاً من ذلك، تظهر السجلات أن سطح الأرض آخذ في الاحترار، بينما تبرد طبقة الستراتوسفير.

## ملاحظات العلماء

**-جورج فيولنر، كبير العلماء، معه دبوتسدام لأبحاث تأثير المناخ (PIK):**

يعد العدد المتغير لبقع الشمس مؤشرًا على النشاط الشمسي. تأخذ دراسات المناخ التي تبحث في التطور التاريخي والمستقبلي لمناخ الأرض في الاعتبار التغيرات الصغيرة في سطوع الشمس بسبب النشاط الشمسي، ولكن ثبت علميًا أن تأثيرها على متوسط درجة الحرارة العالمية لا يتجاوز بضعة أعشار درجة، أقل من الاحترار العالمي المرصود حاليًا لأكثر من درجة واحدة. علاوة على ذلك، يُظهر النشاط الشمسي والاحتباس الحراري اتجاهات متعارضة على مدى العقود القليلة الماضية: بينما انخفض النشاط الشمسي بشكل عام، ترتفع درجات الحرارة العالمية بسرعة. تعتبر الكتل الإكليلية المقذوفة أحداثًا قصيرة العمر، ولا يوجد دليل على أن الجسيمات المشحونة المنبعثة من الكتل الإكليلية المقذوفة لها تأثير كبير على المناخ العالمي، بغض النظر عن حالة المجال المغناطيسي للأرض.

لا يتعين على دراسات المناخ أن تأخذ هذه التأثيرات في الاعتبار لأن العلم لم يتمكن من العثور على رابط بين هذه التأثيرات والتغيرات المهمة في مناخ الأرض. في المقابل، فإن تأثير الاحترار لغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون معروف منذ

القرن التاسع عشر، ومن المعروف أنه يحافظ على تاريخ الأرض الطويل ويمكن أن يفسر بشكل كامل الاحترار الملحوظ (بالاقتران مع غازات الاحتباس الحراري الأخرى، والهباء الجوي، والتغيرات في استخدام الأراضي وكذلك جميع التأثيرات المناخية مثل الانفجارات البركانية والتغيرات في النشاط الشمسي). لا يوجد شك مطلقًا في المجتمع العلمي في أن أزمة المناخ الحالية ناتجة عن أنشطة بشرية.

ومع ذلك، فإن الشمس والرياح الشمسية وجزيئات الطاقة الشمسية والأشعة الكونية تحدث تأثيرات في المجال المغناطيسي للأرض، وأحزمة الإشعاع، والغلاف الأيوني، والغلاف الحراري والتروبوسفير (حيث يحدث الطقس) ،وقدأصبح من الواضح بشكل متزايد من الأبحاث الحديثة أن الظواهر في هذه تقترن المناطق بقوة بطرق معقدة. هناك الكثير من الأبحاث الجارية في هذا المجال، ومن الممكن أن تكون هناك طرق خفية تؤثر بها الشمس على المناخ من خلال العمليات المزدوجة في هذه المناطق. لذا فبدلاً من إهمال تأثيرات الشمس، يتم دراستها بنشاط، ولكن حتى يتم تحديد وتقييم المسارات التي قد تحدث من خلالها هذه التأثيرات (بم افي ذلك التأثير المحتمل للتغيرات في المجال المغناطيسي للأرض، والتي يتم التعرف عليها جيدًا ويمكن اتخاذها في الاعتبار)، لا يمكن النظر في تضمينها في النماذج المناخية. من المحتمل أيضًا أن يكون هناك بعض التردد من جانب مجتمع تغير المناخ في النظر في الأفكار التي تأتي من منظور مختلف باستخدام علوم وطرق / نماذج مختلفة، لكني أرى علامات مشجعة على التعاون قد تلقي مزيدًا من التبصر في هذا السؤال.

وبعد هذا النزاع القائم بين المؤيدين والمعارضين لفكرة اثر النشاط الشمسي على التغير المناخى على كوكب الارض ، دعونا نعرف بعض الاشياء عن النشاط الشمسي و التغيرات المناخية من خلال الاجابة عن الاسئلة التالية:

## كيف تؤثر دورة الطاقة الشمسية على مناخ الأرض؟

**كل ١١ عامًا تتصاعد الدورة المغناطيسية للشمس إلى سرعة مضاعفة.**

في ذروة هذه الدورة، المعروفة باسم الحد الأقصى للشمس، تنقل بالأقطاب المغناطيسية للشمس. على طول الطريق، تنتج التغيرات في مغناطيسية الشمس عددًا أكبر من البقع الشمسية، والمزيد من الطاقة وتسبب ثورانًا شمسيًا للجسيمات. يدرس علماء الفضاء هذه الأشياء ليروا كيف تشوش المجالات المغناطيسية للأرض وتؤثر على الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض، لكن هذا التغيير في الطاقة يثير اهتمام مجموعة أخرى من الباحثين أيضًا - علماء المناخ. في محاولة لفهم ما يؤثر على مناخ الأرض،

**يجب على العلماء أن يفسروا بشكل صحيح كيف تعمل التغيرات على الشمس ولا تغير ما يحدث على الأرض.**

## ماهي الدورة الشمسية وهل هي مرتبطة بمناخ الأرض؟

تعتبر الشمس بأكملها من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي مغناطيسًا عملاقًا، لكنه ليس مغناطيسًا بسيطًا. المجالات المغناطيسية للشمس في حالة حركة، بحيث ينقلب الحقل بأكمله كل ١١ عامًا تقريبًا، ويتحول القطبان المغناطيسي الشمالي والجنوبي. ١١ سنة أخرى والأقطاب تعود مرة أخرى. بين التقلبات، فإن إجمالي الإشعاع من الشمس - المعروف باسم الإشعاع الشمسي الكلي - يتضاءل ويتضاءل في دورة شبه منتظمة بنسبة تصل إلى ٠,١٥٪. التغييرات قصيرة المدى في الإشعاع الشمسي ليست قوية بما يكفي ليكون لها تأثير طويل المدى على مناخ الأرض. يمكن أن يكون للتغيرات المستمرة في الإشعاع الشمسي - أي التغيرات التي تحدث على مدى عقود أو قرون - تأثير محتمل على نظام مناخ الأرض، ولهذا السبب يتم تضمين هذه المعلومات، إلى جانب مجموعة متنوعة من التأثيرات الطبيعية والتأثيرات التي يحركها الإنسان، في النماذج المناخية.

## كيف نفصل بين تأثير الدورة الشمسية والتأثيرات الأخرى المحتملة على مناخ الأرض؟

لسوء الحظ، لا يمكن للمرء ببساطة أن يأخذ

تقديرات لدرجة حرارة الأرض وهطول الأمطار في جميع أنحاء العالم ومعرفة مقدار تأثره بالتغيرات في الإشعاع الكلي للشمس. العديد من الأحداث الطبيعية والتي من صنع الإنسان - من التقلبات المناخية الدورية مثل النينيو، والانبعاثات من البراكين، وزيادة غازات الدفيئة في الغلاف الجوي - تؤثر على درجات الحرارة وأنماط الطقس أيضًا. بدلاً من ذلك، يجب على العلماء استخدام نماذج الكمبيوتر أو التحليلات الإحصائية لربط جميع التغييرات بجميع التأثيرات المختلفة. بشكل عام، كلما كان التأثير أكبر، كان من الأسهل الحصول على إجابة موثوقة. تأتي المدخلات في هذه الحسابات من التغييرات المقاسة في الإشعاع من الفضاء باستخدام أدوات مثل جهاز استشعار الإشعاع الشمسي الكليوالطيفي 1 - (TSIS-1) في محطة الفضاء الدولية.

## هل يعتقد العلماء أن التغيرات في الإشعاع الشمسي بسبب بالدورة الشمسية التي تبلغ ١١ عامًا يمكن أن تكون قوية بما يكفي للتسبب في التغيير الحالي الذي يتم قياسه في مناخ الأرض؟

في كلمة لا. يتفق العلماء على أن الدورة الشمسية وما يرتبطبها من تغيرات قصيرة المدى في الإشعاع لايمكن أن تكون القوة الرئيسية الدافعة للتغييرات في مناخ الأرض التي نراها حاليًا. لسبب واحد، أن ناتج طاقة الشمس يتغير فقط بنسبة تصل إلى ١٥ ر٠٪ على مدار الدورة، أي أقل مما هو مطلوب لفرض التغيير في المناخ الذي نراه. أيضًا، لم يتمكن العلماء من العثور على دليل مقنع على أن دورة ١١ عامًا تنعكس في أي جانب من جوانب المناخ خارج الستراتوسفير - مثل درجة حرارة السطح أو هطول الأمطار أو أنماط الرياح.

## قرون قوية بما يكفي لإحداث التغيير الحالي الذي يتم قياسه في مناخ الأرض؟

في حين أنه لم يكن هناك سوى قياسات فضائية عالية الدقة للإشعاع الشمسي منذ عام ١٩٧٩ ،إلا أن البشر يسجلون الدورة الشمسية من خلال مراقبة زيادة وانخفاض البقع الشمسية النشطة مغناطيسيًا - والتي يمكن استخدامها لتقدير التغيرات طويلة المدى في الإشعاع الشمسي - منذ ذلك الحين بداية القرن السابع عشر. قبل ذلك، توجد مقاييس غير مباشرة للنشاط الشمسي متاحة من سجلات قلب الجليد وحلقة الأشجار.

تشير هذه السجلات طويلة المدى إلى أن الدورة يمكن أن تختلف بشكل كبير من دورة إلى أخرى. في الواقع، من ١٦٤٥ إلى ١٧١٥ - حقبة تُعرف الآنباسم Maunder Minimum - لم يتم تسجيل أي بقع شمسية تقريبًا. تظهر حالات شاذة كهذه أن النشاط المغناطيسي وإنتاج الطاقة من الشمس يمكن أن يختلف على مدى عقود، على الرغم من أن الملاحظات الفضائية على مدى السنوات الـ ٣٥ الماضية شهدت تغيرًا طفيفًا من دورة إلى أخرى من حيث الإشعاع الكلي. كانت الدورة الشمسية ٢٤ ،التي بدأت في ديسمبر ٢٠٠٨ ومن المرجح أن تنتهي في عام ٢٠٢٠ ،أصغر من حيث الحجم من الدورتين السابقتين.

تم إجراء العديد من التقديرات حول التأثير الذي يمكن أن تحدثه الاتجاهات طويلة الأجل في الدورات الشمسية على المناخ العالمي. تشير نماذج الكمبيوتر إلى أنه إذا زاد إشعاع الشمس أو انخفض باستمرار لعقود عديدة، فإن متوسط درجة الحرارة على الأرض سيتغير أيضًا. في حين أن حجم هذه التغييرات من المحتمل أن يكون صغيراً - حوالي بضع أعشار الدرجات في المتوسط العالمي، لأن الإشعاع الشمسي يتغير ببطء على المقاييس الزمنية العقدية - هناك بعض الأدلة على التحسينات الإقليمية ذات الصلة بالدورة الشمسية للتأثيرات في الشمال الأطلسي والمناطق المحيطة بها.

## إذن، هل يمكن للتغيرات طويلة المدى في النشاط الشمسي أن تتسبب في التغير في مناخ الأرض الذي تم قياسه على مدار الـ ٣٥ عامًا الماضية؟

على العموم، لم تسجل الملاحظاتا لفضائية على مدى السنوات الـ ٣٥ الماضية تغييرات جوهرية في إنتاج الطاقة من الشمس. ومع ذلك، فإن العلماء يدرجون جميع التأثيرات الممكنة (بما في ذلك التغيرات الشمسية) عند دراسة التغيرات في المناخ. تشير هذه التقديرات إلى أنخفاضًا طفيفًا في الإشعاع

الشمسي على مدار الـ ٣٥ عامًا الماضية كان سيؤدي إلى تبريد طفيف في المناخ خلال هذه الفترة الزمنية - ولكن فقط في حالة عدم وجود تأثيرات أخرى على مناخ الأرض.

كما أن فيزياء الموقف لاتدعم فكرة أن التغيرات في الشمس هي قوة كبيرة وراء تغير المناخ الحالي. لإشعاع الشمس تأثيره الأكبر على الغلاف الجوي العلوي للأرض، بينما الغلاف الجوي السفلي يعزل الأرض عن الحرارة المتزايدة. إذا كانت الشمس هي الدافع وراء ارتفاع درجة حرارة الأرض، فمن المتوقع أن يزداد ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي العلوي. بدلا من ذلك، تُظهر القياسات أن الغلاف الجوي السفلي يزداد سخونة، في حين أن الغلاف الجوي العلوي يصبح أكثر برودة. بدلاً من ذلك، يتطابق هذا مع بصمة التغييرات الناتجة عن الزيادات في ثاني أكسيد الكربون بشكل أكبر.

**لقد سمعت أن الحد الأقصى القادم للطاقة الشمسية قد لا يحدث، وبالتالي فإن مناخنا سيصبح أكثربرودة. هل هذا صحيح؟**

استمر الحد الأدنى من الطاقة الشمسية قبل بداية الدورة الشمسية ٢٤ عدة سنوات أطول مما كان متوقعًا قبل أن يعود مرة أخرى نحو زيادة نشاط البقع الشمسية في عام ٢٠٠٩. ولكن على الرغم من أننا رأينا نشاطًا أقل في هذه الدورة الأخيرة، إلا أننا لا نعرف حتى الآن مقدار النشاط التالي. توصل الباحثون إلى تنبؤات بأن الدورات الشمسية القادمة قد تظهر أيضًا فترات طويلة من الحد الأدنى من النشاط. فترة طويلة من النشاط الشمسي المنخفض، على مدى عدة عقود، على سبيل المثال، ستكون ما نطلق عليه الحد الأدنى الكبير - وهو شيء لم نشهده منذ أوائل القرن الثامن عشر. ومع ذلك، لا تزال نماذج مثل هذه التنبؤات غير قوية مثل نماذج الطقس الأرضي ولا تعتبر قاطعة.

ومع ذلك، إذا قضينا عقودًا طويلة من النشاط الشمسي المنخفض - فيما يتعلق بفترة انخفاض الإشعاع الشمسي - فليس هناك دليل يذكر على أنه قد يتسبب في فترة من تبريد المناخ. أحد المحفزات الرئيسية للاعتقاد بأن الدورة الشمسية يمكن ربطها بالتبريد يأتي من حقيقة أن Maunder Minimum ،وهي فترة نشاط مغناطيسي منخفض على الشمس امتدت من ١٦٤٥ إلى ١٧١٥ ،حدثت في منتصف فترة من البرودة. المناخ في شمال أوروبا المعروف باسم العصر الجليدي الصغير، والذي امتد من ١٥٥٠ إلى ١٨٥٠. يواصل العلماء البحث في ما إذا كان الحد الأدنى للشمس الممتد يمكن أن يؤثر على المناخ بهذه الطريقة - ولكن هناك القليل من الأدلة على أن الحد الأدنى من Maunder قد أثار العصر الجليدي الصغير، أو على الأقل ليس من تلقاء نفسه تمامًا. لسبب واحد، بدأ العصر الجليدي الصغير قبل الحد الأدنى من Maunder تشتمل النظريات الحالية حول سبب العصر الجليدي الصغير على مجموعة متنوعة من الأحداث التي كان من الممكن أن تكون قد ساهمت، بما في ذلك زيادة النشاط البركاني والتغيرات في دوران المحيطات.

بالإضافة إلى ذلك، هناك أمثلة أخرى عبر التاريخ عندما ارتبط نشاط أقل على الشمس بدرجات حرارة أعلى على الأرض. لذلك، لم يتم تأسيس ارتباط بين الدورة الشمسية وتبريد المناخ بالتأكيد.

أخيرًا، إذا كنا نتجه بالفعل إلى حد أدنى ممتد من الطاقة الشمسية وإذا كان هذا الحد الأدنى ينذر بالفعل بمناخ أكثر برودة قليلاً - وكلاهما غير مثبت - فلن يتعارض هذا مع الدليل على ارتفاع درجة حرارة مناخ الأرض بسبب النشاط البشري. من غير المرجح أن يخفف التبريد الناتج عن الشمس من ارتفاع درجة الحرارة التي يسببها الإنسان على المدى الطويل.

هل هناك أسباب علمية أخرى لدراسة النشاط المتغير للشمس؟

قطعاً. يود العلماء أن يفهموا بشكل أفضل كيف تتغير الشمس الديناميكية بمرور الوقت - على نطاقات قصيرة وعلى نطاقات طويلة. لا يتسبب نجمنا في إحداث تغييرات في الإشعاع فحسب، بل يتسبب أيضًا في طقس الفضاء الذي يمكن أن يتداخل مع إشارات الأقمار الصناعية ورواد الفضاء ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

في الوقت الحالي، يمكن مقارنة القوى التنبؤية حول النشاط الشمسي بالأيام الأولى للتنبؤ

بالطقس. يمكن للباحثين عادة التنبؤ بالاتجاه الذي ستنتقل إليه العاصفة الفضائية، لكن لا يمكنهم التنبؤ مسبقًا بموعد حدوث النشاط. من خلال مراقبة الشمس بأسطول الفيزياء الشمسية التابع لوكالة ناسا، ودراسة كيفية تحرك الموجات الصوتية عبر باطن الشمس باستخدام علم الشمس، والمراقبة الأرضية للنشاط المغناطيسي الوارد من الشمس، يعمل العلماء على إنشاء نماذج أفضل وتنبؤات أفضل - والتي ستحمي في النهاية مركباتنا الفضائية ورواد الفضاء في الفضاء.

من خلال تلك الإجابات السابقة سوف اترك للقارئ حرية التأييد أو المعارضة فى قضية النشاط الشمسي وعلاقته بالتغيرات المناخية على سطح الارض. لانه على ما يبدو ان هذا الموضوع يحتاج الى مزيدا من المناقشات وما زالت الادلة على التاييد او المعارضة مستترة ولم يكشف العلم النقاب عنها حتى الان بشكل مكتمل.

# المراجع


- IPCC (2021) Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contributions of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- Richardson et al. (2002) Long-term trends in interplanetary magnetic field strength and solar wind structure during the twentieth century. Journal of Geophysical Research: Space Physics
- Nilsson et. al (2022). Recurrent ancient geomagnetic field anomalies shed light on future evolution of the South Atlantic Anomaly. Proceedings of the National Academy of Sciences
- Sloan et. al (2016) Cosmic rays, solar activity and the climate. Environmental Research Letters
- Dudok de Wit et al. (2018) Better data for modeling the Sun's influence on climate. Eos
- Pierce and Adams (2009) Can cosmic rays affect cloud condensation nuclei by altering new particle formation rates? Geophysical Research Letters
- Agee et al (2011) Relationship of Lower-Troposphere Cloud Cover and Cosmic Rays: An Updated Perspective. Journal of Climate
- Dunne et al (2016) Global atmospheric particle formation from CERN CLOUD measurements. Science