Study of changes in maximum temperature and summer heat waves characteristics in Syrian coastal region during the period 1977-2016

Dr. Michael Skaf [*]
Layal Ranjous [**]

(Received 14 / 11 / 2021. Accepted 12 / 6 /2022)

□ ABSTRACT □

Climate change one of the grand challenges facing societies and natural ecosystems worldwide, especially in Mediterranean regions which considered as climate change's hot spots.

Daily and monthly meteorological data for maximum temperature were used to detect changes in seasonal and annual mean of maximum temperature and to evaluate changes in heat waves number, duration and frequency for three meteorological stations (Latakia , Safita and Tartous) located in Syrian coastal region during the period 1977-2016.

Heat wave was identified as the period of three consecutive days or more with maximum temperature above 30°c . Box- plots with coefficient of variation were used to illustrate monthly maximum temperature characteristics in coastal region. Trends with Mann-Kendall test were applied to detect significant changes in mean, maximum temperature at annual and seasonal time scales and to detect changes in heat waves number, duration and frequency. Descriptive analysis with T-test was used for comparison of two periods 1977-1996 and 1997-2016.

Results showed increasing tendency in annual maximum temperature related to significant increase in mean maximum temperature in all seasons especially in summer, and this increase led to significant changes in heat waves number, duration, and frequency, which increased in all stations during the studied period. These changes in maximum temperature and related increase in heat waves number and duration will pose a big threats to human health, water resources, agriculture production and natural ecosystems.

Key words: climate change, temperature change, heat waves, Syrian climate, heat stress.

[*] **Assistant Professor, Department of Forestry and Environment, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria skafmichele5@gmail.com**

[**] Agricultural engineer-Master of environmental science- directorate of environment-Latakia-Syria.:ranjousl@gmail.com

دراسة التغير في درجات الحرارة العظمى وخصائص موجات الحر لفصل الصيف في المنطقة الساحلية من سورية خلال الفترة 1977-2016

د.ميشيل سكاف *

ليال رنجوس **

(تاريخ الإيداع 14 / 11 / 2021. قبل للنشر في 12 / 6 / 2022)

□ ملخّص □

يعد تغير المناخ أحد أهم التغيرات التي تواجه المجتمعات البشرية والنظم البيئية الطبيعية في مختلف مناطق العالم وخاصة المناطق المحيطة بحوض البحر الأبيض المتوسط التي تعد نقاطاً ساخنة بالنسبة لتغير المناخ.

استخدمت لإنجاز البحث معطيات ميتيورولوجية يومية وشهرية لدرجات الحرارة العظمى لثلاث محطات تقع في المنطقة الساحلية من سوريا لفترة رصد مستمرة من عام 1977 حتى عام 2016 وذلك من أجل دراسة التغير في معدلات درجات الحرارة العظمى ومن أجل تقدير التغير في خصائص موجات الحر من حيث أعدادها واستمراريتها وتكرارها. تم تحديد موجة الحر على أساس ارتفاع درجة الحرارة العظمى فوق مستوى 30°م لثلاثة أيام متتالية أو أكثر. استخدمت مخططات الصندوق مع معامل التباين Coefficient of variation لإظهار الخصائص الشهرية لدرجات الحرارة العظمى في المنطقة الساحلية. وقد استخدمت خطوط الاتجاه مع اختبار مان-كندال Mann-Kendall test من أجل تقدير اتجاه وقيمة التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى ومن أجل دراسة التغير في أعداد موجات الحر واستمراريتها وتكرارها. كذلك استخدم التحليل الإحصائي الوصفي مع اختبار T-test T من أجل مقارنة الخصائص الإحصائية لمعدلات درجات الحرارة العظمى بين الفترتين 1977-1996 و 1997-2016 .

أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تزايد المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى بسبب التزايد الحاد والمعنوي في المعدلات الفصلية وخاصة خلال فصل الصيف، الأمر الذي انعكس على تزايد أعداد موجات الحر واستمراريتها وتكرارها في المنطقة. إن هذه التغيرات تشكل تهديداً كبيراً لصحة الإنسان والموارد المائية والإنتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية .

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، تغير درجة الحرارة، موجات الحر، مناخ سوريا، الإجهاد الحراري.

* **مدرس مساعد – قسم الحراج والبيئة – كلية الزراعة– جامعة تشرين – اللاذقية – سورية. skafmichele5@gmail.com**

** **مهندسة زراعية- ماجستير في العلوم البيئية- مديرية البيئة-اللاذقية- سورية.ranjousl@gmail.com**

مقدمة :

يعد تغير المناخ Climate change أحد أهم الأخطار التي تهدد المجتمعات البشرية والنظم البيئية الطبيعية في مختلف مناطق العالم [1–4]، وخاصة المناطق فوق المدارية كحوض المتوسط والشرق الأوسط التي تجاوز فيها ارتفاع درجات الحرارة مجال التذبذب المناخي الطبيعي [5–7]، الأمر الذي أدى وسوف يؤدي إلى زيادة الإجهاد المناخي لهذه المناطق التي تعاني أصلاً من القحولة Aridity، ومن ارتفاع درجات الحرارة خلال معظم أشهر السنة، ويعزز التأثيرات السلبية للجفاف Drought، ويجعل ظروف العيش والعمل أكثر قسوة، سيما وأن التنبؤات تشير إلى أن ارتفاع درجات الحرارة في هذه المناطق يمكن أن يتجاوز قدرة البشر على التأقلم [9,8] .

تشمل التأثيرات السلبية لارتفاع درجات الحرارة مختلف القطاعات: كالزراعة [10–14]، والنظم البيئية الطبيعية [15–17] وصحة الإنسان [18–20] غير أن التأثيرات تمتد إلى قطاعات أخرى، إذ إن موجات الحر تؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية للتكييف والتبريد في الوقت الذي تؤدي فيه إلى التراجع في كفاءة توليد ونقل الطاقة [21–22] ، مما يؤدي أحياناً إلى فشل تأمين الطاقة الكافية لعمل المكيفات وبالتالي تزايد خطر الموت للعديد من البشر [24,23]. عدا ذلك فإن درجات الحرارة المتطرفة تؤدي إلى ارتفاع أسعار الكهرباء [25] ، وتراجع إنتاجية العمل [27,26] كما تؤثر في استقرار المجتمعات من خلال تزايد معدل جرائم العنف [28].

تؤدي موجات الحر المترافقة مع ارتفاع الرطوبة النسبية للهواء إلى تراجع كفاءة جسم الإنسان في إبعاد حرارة الاستقلاب. سواء من خلال تناقص التبريد الناتج عن تبخر العرق أو من خلال تراجع التبادل الحراري [8]، الأمر الذي يؤدي إلى الإجهاد وتزايد حالات المرض وأحياناً الموت [29–30].

تتأثر إنتاجية المزروعات إلى حد كبير بارتفاع درجات الحرارة لكن درجة التأثر تتغير تبعاً لنوع النبات والمرحلة التطورية التي يتعرض خلالها للإجهاد وشدة الإجهاد واستمراريته إضافةً إلى احتمال توافقه مع إجهادات أخرى كالجفاف. هذا عدا عن ظروف الموقع وخاصةً ظروف التربة ومحتواها الرطوبي قبل التعرض للإجهاد وقد أشارت إحدى الدراسات التحليلية الشاملة Meta–analysis والتي تضمنت نتائج مائة وستة وعشرين بحثاً إلى أن الإجهاد الحراري بالمتوسط يؤدي إلى تراجع إنتاجية المزروعات بحدود 33% إلا أن تراجع الإنتاجية يصل بالمتوسط إلى 65% عند توافق الإجهاد الحراري مع إجهاد الجفاف [31].

لقد أدت موجات الحر المترافقة مع الجفاف الذي ضرب معظم أجزاء وسط وغرب أوروبا عام 2003 إلى تراجع إجمالي الإنتاجية الأولية Grass primary productivity GPP بمقدار 30% تقريباً بالمقارنة مع الأعوام السابقة بين 1998 و 2002 [32].

تعزز موجات الحر خطر حدوث وانتشار حرائق الغابات بتأثير الجفاف فقد أدت موجات الحر الاستثنائية التي رافقت الجفاف المتطرف إلى حدوث حرائق قضت على 23% من المناطق الحراجية في استراليا خلال الموسم 2019–2020 [34,33].

تعد المناطق المحيطة بحوض البحر المتوسّط نقاطاً ساخنةً بالنسبة لتغير المناخ [35] حيث تشير التسجيلات والتنبؤات إلى ارتفاع درجات الحرارة وتزايد شدة واستمرارية الكثير من الحوادث المناخية المتطرفة ومنها موجات الحر[36].

تعرف موجة الحر من وجهة نظر مناخية بأنها فترة زمنية تتميز بارتفاع درجات الحرارة العظمى فوق 30°م لثلاثة أيام متتالية أو أكثر[37].

أهمّيّة البحث وأهدافه:

تتضح من كل ما تقدّم أهمية دراسة التغير في درجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف وما يرتبط بها من تزايد في أعداد واستمرارية موجات الحر لما لذلك من تأثيرات في نشاط وصحة الإنسان وفي إنتاجية المزروعات إضافة إلى التأثيرات المباشرة وغير المباشرة في النظم البيئية المختلفة من خلال تعديل نظم الاضطراب إذ أنّ الدراسة الدّقيقة والمستمرّة للظّواهر الميتيورولوجيّة المتطرّفة يعدّ أمراً بالغ الأهمّيّة من أجل وضع الاستراتيجيات المناسبة لمواجهتها والتكيف معها، لذلك تركزت أهداف البحث في النقطتين التاليتين:

- تقدير اتجاه وقيمة التّغير ومعنويّته في المعدّلات السنوية والفصلية لدرجات الحرارة العظمى خلال الفترة 1977–2016 مع التركيز على خصائص التغير لفصل الصيف.
- دراسة التّغير في خصائص موجات الحر من حيث أعدادها واستمراريتها وتكرارها خلال فصل الصيف.

طرائق البحث ومواده:

استخدمت لإنجاز البحث القيم اليومية لدرجات الحرارة العظمى لثلاث محطات تقع في المنطقة الساحلية من سوريا (اللاذقية، صافيتا، طرطوس) لفترة رصد امتدت من عام 1977 حتى عام 2016. والجدول (1) يوضح إحداثيات المحطات المختارة في الدراسة.

جدول (1) إحداثيات المحطات المستخدمة في الدراسة (عن بيانات المديرية العامة للأرصاد الجوية السورية).

المحطة	خط الطول	خط العرض	الارتفاع عن سطح البحر(م)	التصنيف المناخي
اللاذقية	35°45′	35°33′	8	شبه رطبة
صافيتا	36°08′	34°49′	350	رطبة
طرطوس	35°53′	34°53′	15	شبه رطبة

تم حساب المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى انطلاقا من القيم اليومية وتمت دراسة الخصائص الإحصائية لهذه القيم خلال فترة الدراسة باستخدام مخططات الصندوق Box plot مع حساب معامل التباين لكل شهر.

استخدمت خطوط الاتجاه Trends من أجل تحديد اتجاه وقيمة التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى وتم تقدير معنوية التغير باستخدام اختبار مان–كندال Mann Kendal Test.

تم تقسيم السلسلة الزمنية لمتوسطات درجات الحرارة العظمى لفصل الصيف إلى سلسلتين متساويتين الأولى من عام 1977 حتى عام 1996 والثانية من عام 1997 حتى عام 2016 ومن ثم تم تطبيق التحليل الإحصائي الوصفي Descriptive analysis مع اختبار T(T–test)على كلا السلسلتين للوقوف على مقدار التغير ومعنويته من جهة ومقارنة قيم درجات الحرارة العظمى بين الفترتين عند مختلف مستويات الاحتمالية من جهة أخرى.

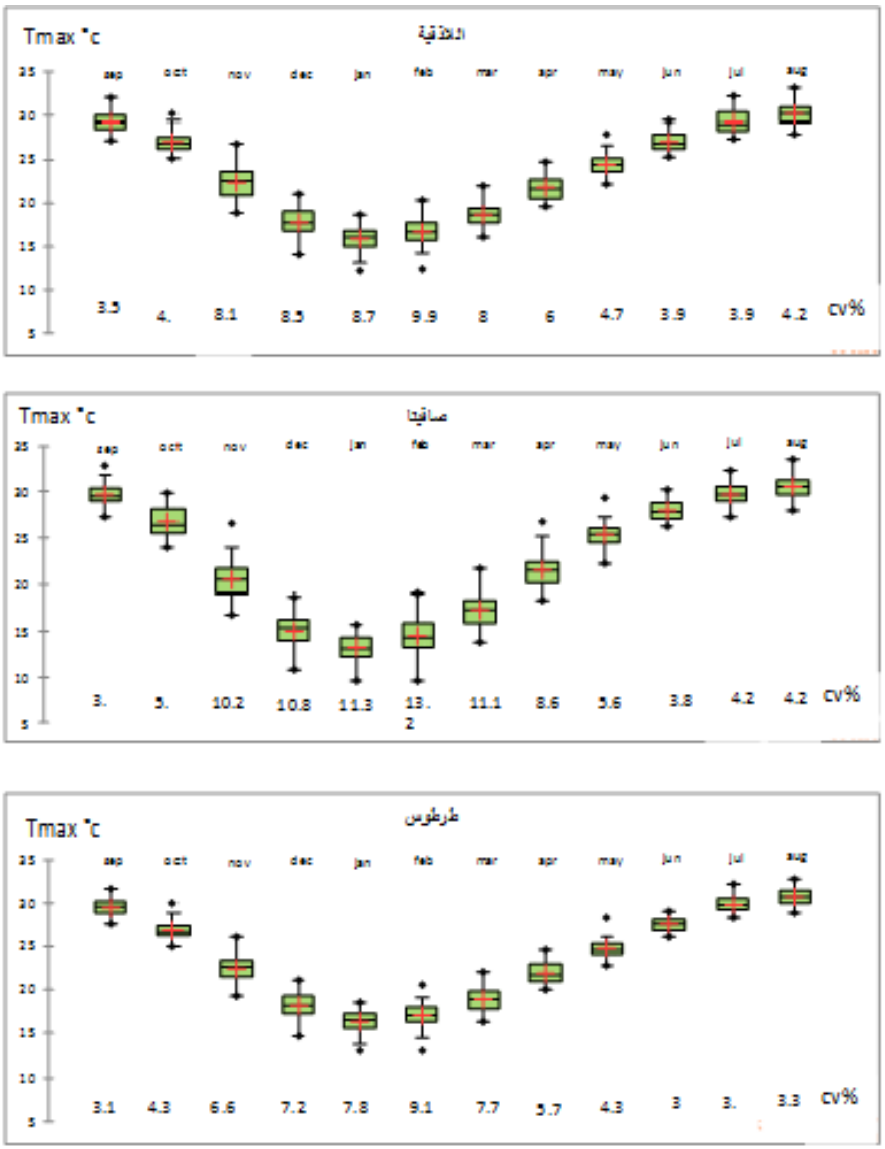
تم حساب عدد موجات الحر لفصل الصيف من كل عام بتحديد عدد الأيام التي تزيد فيها درجة الحرارة العظمى عن 30°م لثلاثة أيام متتالية أو أكثر كما تم حساب استمرارية كل موجة بالأيام، كذلك حسبت نسبة تكرار الأيام التي ارتفعت فيها درجات الحرارة العظمى فوق 30°م لفصل الصيف من كل عام.

لدراسة التغير في خصائص موجات الحر خلال سنوات الدراسة تم تحليل السلاسل الزمنية لكل من موجات الحر واستمراريتها باستخدام خطوط الاتجاه Trends وتم التحقق من معنوية التغير بتطبيق اختبار مان كندال Mann–Kendall test.

النتائج والمناقشة:

1. الخصائص العامة لدرجات الحرارة العظمى في منطقة الدراسة:

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة العظمى الشهرية في المحطات المدروسة ومنه يلاحظ وجود مسار واضح لدرجات الحرارة العظمى خلال العام إذ أن أدنى القيم لمتوسطات درجات الحرارة العظمى تسجل في شهر كانون الثاني ،حيث كانت في اللاذقية 12.1 °م وفي صافيتا 9.5°م وفي طرطوس 12.9°م ،في حين أن أعلى القيم تسجل في شهر آب وبلغت 33.1 °م في اللاذقية و 33.6 °م في صافيتا و 32.7 °م في طرطوس. وهنا نلاحظ أن التباين بين المواسم في قيم درجات الحرارة العظمى محدود نسبيا فقد قل عن 10% في كل من اللاذقية وطرطوس خلال كامل العام كما قل عن 5% خلال الأشهر من أيار وحتى تشرين الأول في كلا المحطتين أما في صافيتا فقد كانت قيم معامل التباين أعلى نسبياً وخصوصاً خلال الفترة الباردة من العام إلا أنها مع ذلك لم تتجاوز 13.2 % في أكثر الأشهر تبايناً وهو شباط في حين أنها قلت عن 5% في الأشهر من حزيران وحتى أيلول. إن انخفاض معامل التباين في كل من اللاذقية وطرطوس بالمقارنة مع صافيتا يعود إلى موقع كلا المحطتين من حيث القرب من شاطئ البحر حيث أن كليهما محطات ساحلية شاطئية في حين أن صافيتا ترتفع حوالي 350 م عن سطح البحر وتبتعد قليلاً عن الشاطئ مما يؤدي إلى تباين درجات الحرارة بشكل أكبر خاصةً خلال فصل الشتاء.



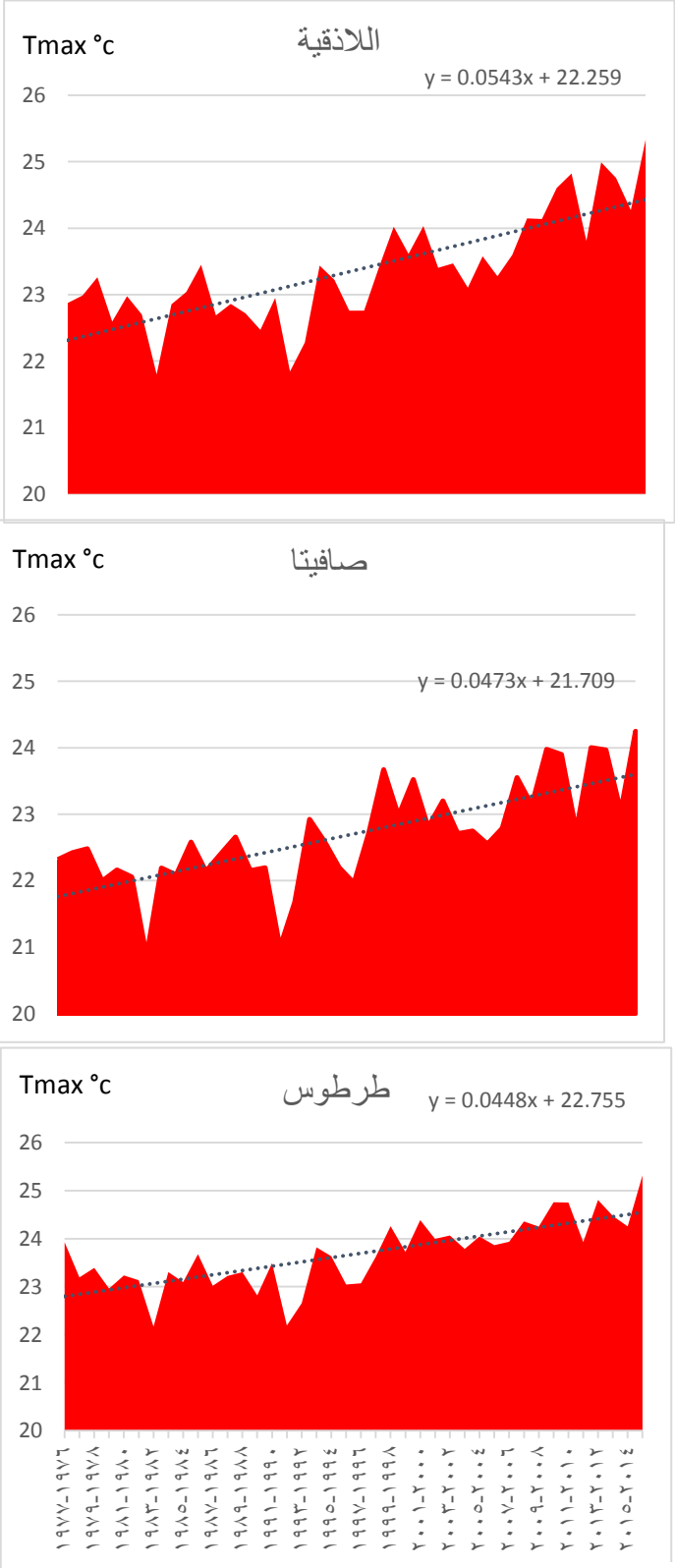
الشكل (1)أهم الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة العظمى الشهرية في المحطات الساحلية خلال الفترة 1977-2016.

2. تغير المعدلات الفصلية والسنوية لدرجات الحرارة العظمى خلال الفترة 1977–2016 في منطقة الدراسة:

يظهر الشكل (2) التغيرات في متوسطات درجات الحرارة السنوية العظمى في المحطات المدروسة خلال المواسم الممتدة من عام 1977 حتى عام 2016، ومنه يلاحظ أنه على الرغم من وجود تذبذب ملحوظ في القيم بين المواسم ، فإن هناك اتجاهاً واضحاً وحاداً نحو تزايد معدلات درجات العظمى في المحطات الثلاث وقد كانت قيمة التزايد لكل عقد في اللاذقية هي الأعلى حيث بلغت 0.54 °م تلتها صافيتا بقيمة بلغت 0.47 °م ثم طرطوس بقيمة بلغت 0.44 °م وقد كان هذا التغير معنوياً عند مستوى 99.9 %.

يتضح من الجدول (2) أن هذا التزايد الحاد في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى في المحطات الثلاث ناتج عن التزايد المعنوي لهذا

العنصر في جميع الفصول والذي كان أكثر حدة وبقيم مرتفعة للغاية خلال فصل الصيف حيث بلغ 3 °م لكامل فترة الدراسة في اللاذقية و 2.3 °م في صافيتا و 2.5 °م في طرطوس. كذلك تجاوزت قيمة الزيادة خلال فصل الربيع 2 °م في اللاذقية و 2.1 °م في صافيتا وحوالي 1.8 °م في طرطوس. أما الزيادة خلال فصل الشتاء فقد كانت في صافيتا هي الأعلى بقيمة تجاوزت 1.9 °م تلتها اللاذقية ثم طرطوس، في حين أن التزايد خلال فصل الخريف كان الأعلى في طرطوس بقيمة تجاوزت 1.8 °م تلاه التزايد في اللاذقية بقيمة تجاوزت 1.6 °م ثم في صافيتا بقيمة تجاوزت 1.4 °م، مع ملاحظة أنّ التّزايد خلال فصلي الخريف والشتاء كان معنوياً في جميع المحطات لكن بدرجات مختلفة.



الشكل(2) تغير المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى في المحطات الساحلية خلال الفترة 1977-2016. (التغير معنوي في المحطات الثلاث عند مستوى 0.001.

جدول(2) اتجاه وقيمة التغير في معدل درجات الحرارة الفصلية العظمى في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 2016-1977

المحطة	الفترة	قيمة التغير لكل عقد	قيمة التغير لكامل الفترة المدروسة	معنوية التغير
اللاذقية	خريف	0.422	1.688	***
	شتاء	0.458	1.832	**
	ربيع	0.524	2.096	***
	صيف	0.757	3.028	***
صافيتا	خريف	0.364	1.456	*
	شتاء	0.494	1.976	**
	ربيع	0.542	2.168	***
	صيف	0.584	2.336	***
طرطوس	خريف	0.47	1.88	***
	شتاء	0.404	1.616	*
	ربيع	0.469	1.876	***
	صيف	0.631	2.524	***

*** التغير معنوي عند مستوى 0.001 ** عند مستوى 0.01 * عند مستوى 0.05

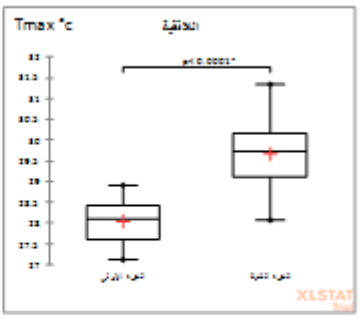
يبين الشكل (3) أهم الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف للفترتين 1977–1996 و 1997–2016 في المحطات الساحلية المختارة في الدراسة ومنه لاحظ وجود تغير واضح في هذه الخصائص فقد تغيرت قيمة المعدل من 28°م إلى 29.6°م في اللاذقية ومن 28.8°م إلى 30.1°م في صافيتا ومن 28.6°م إلى 30.1°م في طرطوس كذلك انزاحت قيمة أعلى متوسط لفصل الصيف من 28.9°م إلى 31.1°م في اللاذقية ومن 30.1°م إلى 31.5°م في صافيتا ومن 29.5°م إلى 31.5°م في طرطوس، كما انزاحت أيضاً قيمة أدنى متوسط لفصل الصيف من 27.1°م إلى 28°م في اللاذقية ومن 27.3°م إلى 28.4°م في صافيتا ومن 27.9°م إلى 28.9°م في طرطوس وقد كان هذا التغير في متوسطات درجات الحرارة العظمى معنوياً للغاية في جميع المحطات كما هو موضح في الشكل(3). إن هذه التغيرات الواضحة في متوسطات درجات الحرارة العظمى بين الفترتين انعكست على ارتفاع درجات الحرارة في جميع المحطات عند مختلف مستويات الاحتمالية كما هو مبين في الشكل(4)، إذ يلاحظ التزايد الواضح في مستويات درجات الحرارة العظمى خلال الفترة الثانية عند جميع هذه المستويات.

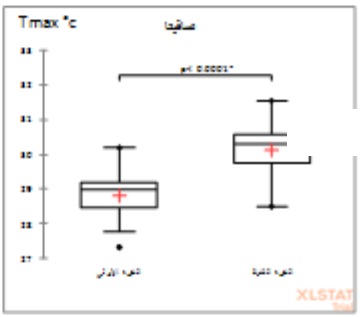
3. تغير خصائص موجات الحر خلال الفترة 1977–2016 في منطقة الدراسة:

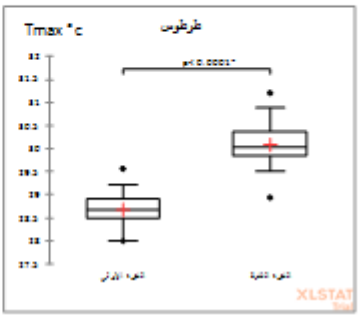
إن التغير الحاد والواضح في درجات الحرارة العظمى خلال فصل الصيف انعكس بشكل مباشر على أعداد موجات الحر خلال هذا الفصل فقد تزايدت أعداد موجات الحر خلال كامل فترة الدراسة بمقدار 2.8 و 3.6 و 0.8 موجة في كل من اللاذقية وصافيتا وطرطوس على التوالي وقد كانت معنوية التغير مرتفعة للغاية في كل من اللاذقية وصافيتا في حين لم يكن التغير معنوياً في طرطوس كما هو موضح في الشكل (5) والجدول (3).

تظهر المخططات المدرجة في الشكل (6) أن التغير في خصائص موجات الحر لم يقتصر على تزايد أعدادها فقط بل تشير إلى التزايد الواضح في استمراريتها وكما هو مبين في الجدول (4) فإن استمرارية موجات الحر تزايدت بشكل حاد ومعنوي في جميع المحطات فقد تزايدت استمرارية موجات الحر بالأيام بمقدار 60 يوماً في اللاذقية وتجاوزت 42 و 58 يوماً في كل من صافيتا وطرطوس على التوالي خلال كامل فترة الدراسة.

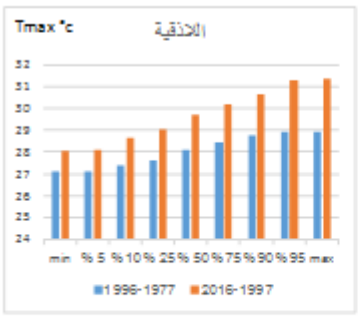
إن عدم وجود تغير معنوي في عدد موجات الحر في طرطوس (الجدول 3) ناتج عن الاستمرارية الكبيرة بالأيام لكل موجة والذي يظهر بشكل واضح وخاصة خلال السنوات الأولى من الدراسة بالمقارنة مع المحطات الأخرى كما هو مبين في الشكل (6).

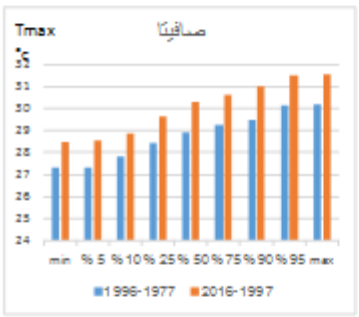


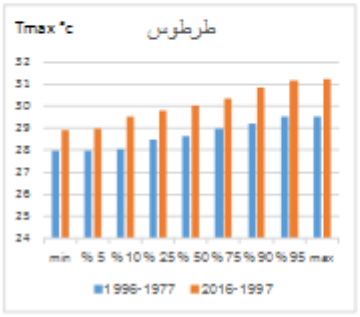




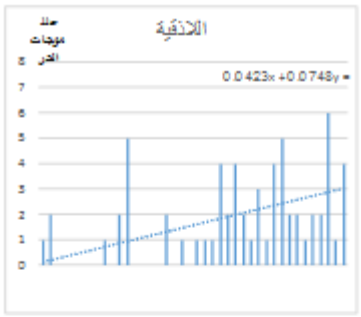
الشكل (3) تغير الخصائص الإحصائية ومعنوية التغير لمتوسطات درجات الحرارة العظمى لفصل الصيف بين الفترتين 1977-1996 و 1997 -2016 في المحطات الساحلية.

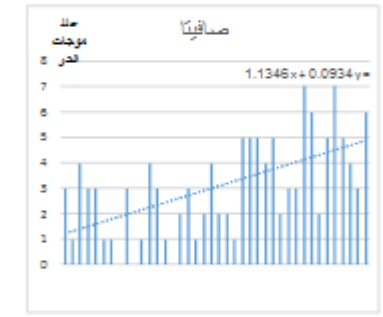


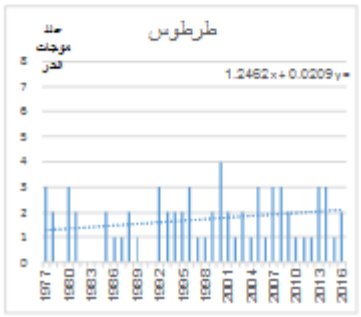




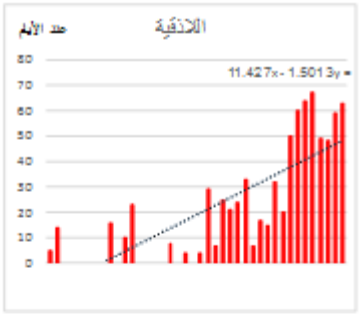
الشكل (4) التغير في متوسطات درجات الحرارة العظمى لفصل الصيف عند مختلف مستويات الاحتمالية بين الفترتين 1977 -1996 و1997-2016 في المحطات الساحلية.

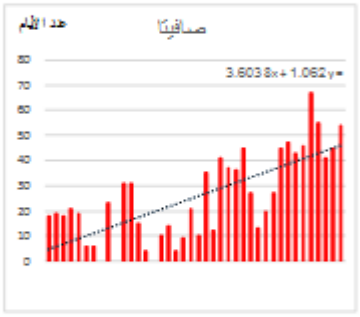


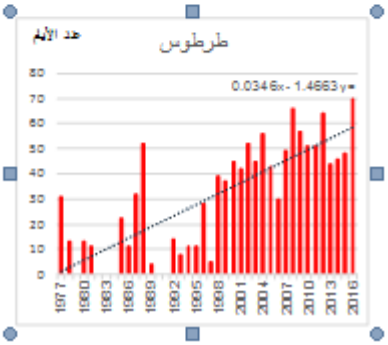




الشكل (5) التغير في عدد موجات الحر لفصل الصيف في المحطات الساحلية خلال الفترة 1977-2016.







الشكل (6) التغير في استمرارية موجات الحر بالأيام لفصل الصيف في المحطات الساحلية خلال الفترة 1977-2016.

جدول (3) اتجاه وقيمة التغير في أعداد موجات الحر لفصل الصيف في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 1977-2016.

المحطة	قيمة التغير موجة/عقد	قيمة التغير لكامل فترة الدراسة	معنوية التغير
اللاذقية	0.7	2.8	***
صافيتا	0.9	3.6	***
طرطوس	0.2	0.8	لايوجد معنوية

*** التغير معنوي عند 0.001

جدول (4) اتجاه وقيمة التغير في استمرارية موجات الحر بالأيام لفصل الصيف في المحطات الساحلية المدروسة خلال الفترة 1977-2016.

المحطة	قيمة التغير يوم/عقد	قيمة التغير لكامل فترة الدراسة	معنوية التغير
اللاذقية	15	60	***
صافيتا	10.6	42.4	***
طرطوس	14.6	58.4	***

*** التغير معنوي عند 0.001

جدول (5) التغير في نسبة تكرار الأيام التي ارتفعت فيها درجات الحرارة العظمى فوق 30 °م لفصل الصيف في المحطات المدروسة خلال الفترة 1977–2016 .

المحطة	قيمة التغير % لكل عقد	قيمة التغير % لكامل فترة الدراسة	معنوية التغير
اللاذقية	16.7	66.8	***
صافيتا	11.5	46	***
طرطوس	15.9	63.6	***

*** التغير معنوي عند 0.001

تتفق نتائج هذا البحث مع الأبحاث والتقارير العالمية المختلفة حول ارتفاع درجات الحرارة وتزايد أعداد موجات الحر واستمراريتها وتكرارها [38–42] ومع التنبؤات بتزايد شدة وتكرار الحوادث المناخية المتطرفة ومنها موجات الحر في القرن الحادي والعشرين [44,43,36].

إن تزايد معدلات درجات الحرارة العظمى وما رافقه من زيادة في عدد موجات الحر واستمراريتها وتكرارها في المنطقة الساحلية يشكل تهديداً مباشراً لسكان المنطقة والإنتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية. إذ أنّ تزايد الإجهاد الحراري الناتج عن تزايد أعداد واستمرارية موجات الحر يمكن أن يقلل من قدرة الإنسان على التكيف و أن يعزز الخطر على صحة الإنسان [24,23,8 , 45] في الوقت الذي تزداد فيه الحاجة للمياه وكذلك الطاقة الكهربائية من أجل التكييف والتبريد [22]. من جهة أخرى فإن ارتفاع درجات الحرارة يكون له كبير الأثر في تراجع إنتاجية المزروعات [46–49] إضافة إلى تأثير

ارتفاع درجات الحرارة في تعزيز التأثيرات السلبية للجفاف والذي يؤدي إلى موت الأشجار الحراجية في بعض الأحيان[15–17] إضافة إلى الدور الواضح لزيادة أعداد واستمرارية موجات الحر في حدوث وانتشار حرائق الغابات [50].
كل هذه الظروف غير الملائمة لنشاط وصحة الإنسان والإنتاج الزراعي والنظم البيئية الطبيعية تتطلب وضع الاستراتيجيات المناسبة لمواجهة خطر هذه التغيرات، والخطط الملائمة لإدارة الموارد المائية والنظم البيئية بالشكل الذي يضمن التنمية المستدامة في هذه المنطقة. وهذه الاستراتيجيات تتضمن مجموعة من المحاور تشمل زيادة المساحات الخضراء والاهتمام بعمليات التشجير داخل المدن ونشر المسطحات المائية في مختلف المناطق إضافةً إلى رفع جاهزية المستشفيات والمراكز الصحية للتدخل في الوقت المناسب لإنقاذ المواطنين كذلك تأمين المياه وخاصة في فترات الذروة بالنسبة لحدوث موجات الحر وبالطبع تأمين التيار الكهربائي الضروري للتبريد والتكييف لتخفيف التأثيرات السلبية لموجات الحر داخل المدن [51–53].

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. تبين من دراسة الخصائص الإحصائية لدرجات الحرارة العظمى وجود مسار سنوي واضح يتميز بارتفاع المعدلات خلال أشهر الصيف وتدنيها نسبياً خلال أشهر الشتاء إذ أن أدنى المعدلات لشهر كانون الثاني لم تقل عن 9.5 °م لكنها وصلت إلى 33.6 °م في شهر آب في صافيتا.
2. يتضح من دراسة الخصائص الإحصائية لدرجات الحرارة العظمى أن التباين في قيم هذا العنصر محدودة نسبياً خلال معظم الأشهر وهذا يظهر في قيم معامل التباين التي تقل عن 5 % خلال الفترة من حزيران وحتى أيلول في جميع المحطات ولا تزيد عن ذلك إلا خلال الفترة الباردة من العام.
3. أظهرت نتائج الدراسة وجود تزايد حاد ومعنوي في المعدلات السنوية لدرجات الحرارة العظمى والتي تجاوزت 0.4 °م لكل عقد في جميع المحطات وذلك بسبب التزايد الواضح في معدلات هذا العنصر خلال جميع الفصول وخاصة الصيف والربيع.
4. تبين من مقارنة الخصائص الإحصائية لمتوسطات درجات الحرارة العظمى لفصل الصيف بين الفترتين 1977–1996 و 1997–2016 وجود انزياح حاد ومعنوي في كل من المعدلات والقيم الحدية الدنيا والعظمى في جميع المحطات الأمر الذي يزيد من احتمال حدوث موجات الحر.
5. بينت نتائج البحث وجود تزايد حاد ومعنوي في أعداد موجات الحر واستمراريتها وتكرارها خلال فصل الصيف في جميع المحطات المدروسة الأمر الذي يشكل تهديداً مباشراً بالنسبة لنشاط وصحة الإنسان والنظم البيئية الطبيعة والزراعية في المنطقة مما يتطلب وجود إمدادات كافية في الطاقة الكهربائية للتكييف والتبريد وتوفر الكميات الكافية من المياه لري المزروعات إضافة إلى زيادة الحاجة لاتخاذ الإجراءات المناسبة لمنع حدوث وانتشار حرائق الغابات.

التوصيات:

1. ضرورة التوسع في دراسة التغير في درجات الحرارة وما يرتبط بها من تغير في خصائص موجات الحر من حيث الشدة والاستمرارية والتكرار لتشمل كافة مناطق القطر العربي السوري.
2. الاهتمام بدراسات الأرصاد الحيوية من أجل تقدير التأثيرات المختلفة لارتفاع درجات الحرارة وتزايد موجات الحر في الإجهاد الحراري للإنسان والحيوانات الداجنة.
3. ربط الدراسات المناخية مع دراسات الاستشعار عن بعد لتقدير تأثيرات التغير في درجات الحرارة والظواهر المتطرفة في النظم البيئية الطبيعية .

References:

1. ACKERMAN, F., and STANTON, E. A. *Climate risks and carbon prices: revising the social cost of carbon* Econ. E-J. 6, 2012,1–25.

2. HANSEN, J., KHARECHA, P., SATO, M., MASSON-DELMOTTE, V., KERMAN, F., BEERLING, D. J., HEARTY, P. J., HOEGH-GULDBERG, O., HSU, S. L., PARMESAN, C., ROCKSTROM, J., ROHLING, E. J., SACHS, J., SMITH, P., STEFFEN, K., VAN SUSTEREN, L., VON SCHUCKMANN, K., & ZACHOS, J. C. *Assessing "Dangerous Climate Change": Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People,* Future Generations and Nature. PLoS ONE, 8(12), 2013, e81648.

3. IPCC (Intergovermental Panel on Climate Change)2014 Climate change 2014 ed CB FIELD et al.(Cambridge: Cambridge University Press)P1132.

4. SMITH, M. D., WILCOX, K. R., POWER, S. A., TISSUE, D. T., & KNAPP, A. K. *Assessing community and ecosystem sensitivity to climate change – toward a more comparative approach*. Journal of Vegetation Science, 28(2), 2017, 235–237.

5. DIFFENBAUGH, N. S., & SCHERER, M. *Observational and model evidence of global emergence of permanent, unprecedented heat in the 20th and 21st centuries*. Climatic Change, 107(3–4), 2011, 615–624.

6. MAHLSTEIN, I., HEGERL, G., & SOLOMON, S. *Emerging local warming signals in observational data*. Geophysical Research Letters, *39*(21), 2012 n/a.

7. HANSEN, J., SATO, M., HEARTY, P., RUEDY, R., KELLEY, M., MASSON-DELMOTTE, V., RUSSELL, G., TSELIOUDIS, G., CAO, J., RIGNOT, E., VELICOGNA, I., TORMEY, B., DONOVAN, B., KANDIANO, E., VON SCHUCKMANN, K., KHARECHA, P., LEGRANDE, A. N., BAUER, M., & LO, K. W. *Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous.* Atmospheric Chemistry and Physics, *16*(6), 2016, 3761–3812.

8. SHERWOOD, S. C., & HUBER, M. *An adaptability limit to climate change due to heat stress.* Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(21), 2010, 9552–9555.

9. PAL, J. S., & ELTAHIR, E. A. B. *Future temperature in southwest Asia projected to exceed a threshold for human adaptability*. *Nature Climate Change*, *6*(2), 2015, 197–200.

10. SCHLENKER, W., & ROBERTS, M. J. *Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change*. Proceedings of the National Academy of Sciences, *106*(37),2009, 15594–15598.

11. Luo, Q. (2011). Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*, *109*(3–4), 583–598. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0028-6

12. LOBELL, D. B., SIBLEY, A., & IVAN ORTIZ-MONASTERIO, J. *Extreme heat effects on wheat senescence in India*. Nature Climate Change, 2(3), 2012, 186–189.

13. PORTER, J.R., XIE, L., CHALLINOR, A.J., COCHRANE, K., HOWDEN, S.M., IQBAL, M.H., ET AL. CHAPTER 7. *Food security and food production systems*. Clim Chang Impacts Adapt Vulnerability. 2014 , 485–533.

14. LESK, C., ROWHANI, P., & RAMANKUTTY, N. *Influence of extreme weather disasters on global crop production*. Nature, 529(7584), 2016, 84–87.

15. WILLIAMS A.P.;ALLEN C. D.,MAKALADY AK.;GRIFFIN D.;WOODHOUSE C.A.;MEKO D.M.;SWETNAM T.W.;RAUSCHER S.A.;SEAGER R.;GRISSINO-MAYER H.D.;DEAN J.S.;COOK E.R.; GANGODAGAMAGE C.;CAI M.; & MCDOWELL N.G. *Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality*.Nature Climate Change.vol.3, 2013,292-297.

16. MATUSICK, G., RUTHROF, K. X., BROUWERS, N. C., DELL, B., & HARDY, G. S. J. *Sudden forest canopy collapse corresponding with extreme drought and heat in a mediterranean-type eucalypt forest in southwestern Australia*. European Journal of Forest Research, 132(3), 2013, 497–510.
17. ALLEN, C. D., BRESHEARS, D. D., & MCDOWELL, N. G. *On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene*. Ecosphere, 6(8), 2015, 129.
18. PATZ, J. A., CAMPBELL-LENDRUM, D., HOLLOWAY, T., & FOLEY, J. A. *Impact of regional climate change on human health. Nature*, 438 (7066), 2005, 310–317.
19. GASPARRINI, A., & ARMSTRONG, B. *The Impact of Heat Waves on Mortality*.Epidemiology, 22(1), 2011, 68–73.
20. MICHELOZZI, P., ACCETTA, G., DE SARIO, M., D'IPPOLITI, D., MARINO, C., BACCINI, M., BIGGERI, A., ANDERSON, H. R., KATSOUYANNI, K., BALLESTER, F., BISANTI, L., CADUM, E., FORSBERG, B., FORASTIERE, F., GOODMAN, P. G., HOJS, A., KIRCHMAYER, U., MEDINA, S., PALDY, A., . . . PERUCCI, C. A. *High Temperature and Hospitalizations for Cardiovascular and Respiratory Causes in 12 European Cities*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 179(5), 2009, 383–389.
21. SATHAYE, J. A., DALE, L. L., LARSEN, P. H., FITTS, G. A., KOY, K., LEWIS, S. M., & DE LUCENA, A. F. *Estimating impacts of warming temperatures on California's electricity system*. Global Environmental Change, 23(2), 2013, 499–511.
22. VAN VLIET, M. T., SHEFFIELD, J., WIBERG, D., & WOOD, E. F. *Impacts of recent drought and warm years on water resources and electricity supply worldwide.* Environmental Research Letters, 11(12), 2016 , 124021.
23. GASPARRINI, A., GUO, Y., HASHIZUME, M., LAVIGNE, E., ZANOBETTI, A., SCHWARTZ, J., TOBIAS, A., TONG, S., ROCKLÖV, J., FORSBERG, B., LEONE, M., DE SARIO, M., BELL, M. L., GUO, Y. L. L., WU, C. F., KAN, H., YI, S. M., DE SOUSA ZANOTTI STAGLIORIO COELHO, M., SALDIVA, P. H. N., . . . ARMSTRONG, B. *Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study*. The Lancet, 386(9991), 2015, 369–375.
24. MARGOLIS*, H. *Extreme Heat Events and Rising Temperatures: Heat-Related Morbidity Vulnerability and Prevention*. ISEE Conference Abstracts, 2014(1), 2014, 2914.
25. PECHAN, A., & EISENACK, K. *The impact of heat waves on electricity spot markets*.Energy Economics, 43, 2014, 63–71.
26. DUNNE, J. P., STOUFFER, R. J., & JOHN, J. G. *Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming*. Nature Climate Change, 3(6), 2013, 563–566.
27. ZANDER, K. K., BOTZEN, W. J. W., OPPERMANN, E., KJELLSTROM, T., & GARNETT, S. T. *Heat stress causes substantial labour productivity loss in Australia*. Nature Climate Change,5(7), 2015, 647–651.
28. RANSON M. *Crime, weather, and climate change*..J Environ Econ Manag, 67, 2014, 274–302.
29. MUTHERS, S., MATZARAKIS, A., & KOCH, E. *Summer climate and mortality in Vienna – a human-biometeorological approach of heat-related mortality during the heat waves in 2003*. Wiener Klinische Wochenschrift, 122(17–18), 2010, 525–531.

30. MITCHELL, D., HEAVISIDE, C., VARDOULAKIS, S., HUNTINGFORD, C., MASATO, G., P GUILLOD, B., FRUMHOFF, P., BOWERY, A., WALLOM, D., & ALLEN, M. *Attributing human mortality during extreme heat waves to anthropogenic climate change. Environmental Research Letters, 11*(7),2016, 074006.
31. COHEN, I., ZANDALINAS, S. I., HUCK, C., FRITSCHI, F. B., & MITTLER, R. *Meta-analysis of drought and heat stress combination impact on crop yield and yield components*. Physiologia Plantarum, 171(1), 2020, 66–76.
32.CIAIS, P., REICHSTEIN, M., VIOVY, N., GRANIER, A., OGÉE, J., ALLARD, V., AUBINET, M., BUCHMANN, N., BERNHOFER, C., CARRARA, A., CHEVALLIER, F., DE NOBLET, N., FRIEND, A. D., FRIEDLINGSTEIN, P., GRÜNWALD, T., HEINESCH, B., KERONEN, P., KNOHL, A., KRINNER, G. VALENTINI, R. *Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003*. *Nature, 437*(7058),2005, 529–533.
33.BOER, M. M., RESCO DE DIOS, V., & BRADSTOCK, R. A. *Unprecedented burn area of Australian Mega Forest fires*. Nature Climate Change, 10(3),2020, 171–172.
34. FILKOV, A. I., NGO, T., MATTHEWS, S., TELFER, S., & PENMAN, T. D. *Impact of Australia's catastrophic 2019/20 bushfire season on communities and environment. retrospective analysis and current trends*. Journal of Safety Science and Resilience, *1*(1), 2020, 44–56.
35. DIFFENBAUGH, N. S., & GIORGI, F. *Climate change hotspots in the CMIP5 Global Climate Model Ensemble.* Climatic Change, 114(3-4), 2012, 813– 822.
36. SILLMANN, J., KHARIN, V. V., ZHANG, X., ZWIERS, F. W., & BRONAUGH D. *Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. model evaluation in the present climate*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118(4), 2013, 1716–1733.
37. KYSELY,J.; KALVOVA, J.; KVETON, V. (2000). Heat Waves in the South Moravian Region During the Period 1961-1995. Studiageoph. Etgeod.44, 57-72.
38. PERKINS, S. E., ALEXANDER, L. V., & NAIRN, J. R. *Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells*. *Geophysical Research Letters, 39* (20),2012.
39. COUMOU, D., ROBINSON, A., & RAHMSTORF, S. *Global increase in record-breaking monthly-mean temperatures. Climatic Change, 118*(3-4), 2013, 771–782.
40. CHRISTIDIS, N., JONES, G. S., & STOTT, P. A. *Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave*. *Nature Climate Change, 5*(1), 2014, 46–50.
41. ROHINI, P., RAJEEVAN, M., & SRIVASTAVA, A. K. *On the variability and increasing trends of heat waves over India. Scientific Reports, 6*(1),2016.
42. WMO.*The global climate 2015-2019,* (21), 2020.
43. MEEHL, G. A., & TEBALDI, C. *More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century*. *Science, 305*(5686), 2004, 994–997.
44. SILLMANN, J., KHARIN, V. V., ZWIERS, F. W., ZHANG, X., & BRONAUGH, D. *Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. future climate projections. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 118*(6), 2013, 2473–2493.
45. DI NAPOLI, C., PAPPENBERGER, F., & CLOKE, H. L. *Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index* (UTCI). *International Journal of Biometeorology*, *62*(7), 2018, 1155–1165.

46. SCHLENKER, W., & ROBERTS, M. J. *Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(37), 2009,15594–15598.
47. LOBELL, D. B., HAMMER, G. L., McLean, G., Messina, C., Roberts, M. J., & Schlenker, W. *The critical role of extreme heat for maize production in the United States*. *Nature Climate Change*, *3*(5), 2013, 497–501.
48. FELLER, U., & VASEVA, I. I. *Extreme climatic events: Impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants. Frontiers in Environmental Science*, *2*,(39), 2014, 17.
49. RYKACZEWSKA, K. *The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. American Journal of Potato Research*, *92*(3), 2015, 339–349.
50.VITOLO, C., DI NAPOLI, C., DI GIUSEPPE, F., CLOKE, H. L., & PAPPENBERGER, F. *Mapping combined wildfire and heat stress hazards to improve evidence-based decision making*. *Environment International*, *127*, 2019, 21–34.
51. GUNAWARDENA, K., WELLS, M., & KERSHAW, T. *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity.* Science of The Total Environment, 584–585,2017, 1040–1055.
52. BURKART, K., MEIER, F., SCHNEIDER, A., BREITNER, S., CANÁRIO, P., ALCOFORADO, M. J., SCHERER, D., & ENDLICHER, W. *Modification of Heat-Related Mortality in an Elderly Urban Population by Vegetation (Urban Green) and Proximity to Water (Urban Blue): Evidence from Lisbon, Portugal. Environmental Health Perspectives*, *124*(7),2016, 927–934.
53.HU, L.&LI, Q. *Greenspace,bluespace,and their interactive influence on urban thermal environment*. Environmental Research Letters,15,2020,034041.