

تاريخ الإرسال (2017-11-07)، تاريخ قبول النشر (2018-03-13)

د. محمد زيتون¹
د. نوح الصبابة¹
د. على المقبل¹
¹ قسم الجغرافيا، جامعة اليرموك، الأردن
* البريد الإلكتروني للباحث المرسل:

E-mail address: m.zeitoun@yu.edu.jo

تقييم الظروف السينوبتيكية المرافقة لموجة الحر التي أثرت على الأردن خلال الفترة 30 حزيران – 6 تموز 2017

الملخص:

هدف البحث إلى دراسة وتحليل موجة الحر (Heat Wave) التي أثرت على الأردن ومنطقة شرق البحر المتوسط خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017م. بغرض تقييم الظروف السينوبتيكية المرافقة لهذه الحالة الجوية من خلال تحليل خرائط الطقس السطحية (hpa 1000) والعلوية (hpa 500)، كما تضمنت الدراسة تتبع التغير في عناصر الطقس السطحية التي تشمل (درجة الحرارة العظمى، درجة الحرارة الصغرى، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح) والعلوية التي تشمل (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، اتجاه الرياح، سرعة الرياح، ودرجة نقطة الندى) خلال حدوث الموجة. كما اعتمدت الدراسة على مخططات التيفيجرام (Tephigram) لطبقات الجو العليا لتحليل الحالة الجوية وخصائص الكتل الهوائية في طبقات الجو العليا.

بالإضافة إلى ذلك تم تقييم شدة موجة الحر من خلال مؤشر الحرارة (Heat Index). وأخيراً توصلت الدراسة إلى أن السبب الرئيسي لحدوث موجة الحر هو ترحل المنخفض الهندي الموسمي نحو الشمال الغربي فوق شبه الجزيرة العربية ليقترّب من الأردن وفلسطين وسوريا وجنوب تركيا، واقتترانه بنتوء Ridge علوي دافئ زاد من تعمقه فوق المنطقة وأدى إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية بشكل عام لتصل في محطة غور الصافي إلى 47م وانخفاض الرطوبة النسبية لتصل إلى أقل من 30%، كما أدت إلى ارتفاع درجات الحرارة على المستويات العلوية المختلفة، وانخفاض درجة نقطة الندى، وكان التغير ملحوظاً في جميع العناصر السطحية والعلوية على طول الفترة الزمنية، وبلغت الموجة ذروتها في ثلاثة أيام امتدت خلال الفترة 2-4 تموز 2017.

كلمات مفتاحية: موجات الحر، منخفض الهند الموسمي، خرائط الطقس السطحية، خرائط الطقس العلوية، التيفجرام.

Evaluating the Synoptic Conditions Associated With The Heat Wave That Influenced Jordan During June 30th to July 6th 2017

Abstract

This study deals with evaluating and analyzing the synoptic conditions associated with the heat wave that influenced the whole East Mediterranean (EM) region particularly Jordan during the period June 30 - July 6, 2017. This has been conducted through analyzing both surface meteorological maps at level (1000 hpl) as well as synoptic charts at level (500 hpl). Regarding the meteorological variables, the variation of temperature (maximum and minimum), relative humidity, dew point and the direction and the speed of the wind were followed up during the period of the heat wave. The study has furthermore employed the Tephigram diagrams for analyzing weather circumstances and the characteristics of air mass in different atmospheric layers. Ultimately, the severity of heat wave was estimated using heat index (HI). The results show that the main cause of the heat wave in the East Mediterranean (EM) including Jordan during the study period (June 30 - July 6) was attributed to the Indian monsoon. The Indian monsoon travelled towards the north-west over the Arabian Peninsula and reaches all the countries in the East Mediterranean including Jordan, Palestine, Syria and southern Turkey and causing a warm upper Ridge that increased its depth over the region during the study period. This warm upper Ridge led to increasing the surface air temperature to around 47° C in Ghour Alsafi station and reducing the relative humidity to about 30%. Besides, it led to increasing the air temperature at upper levels and reducing the dew point. These weather conditions were noticed during the study period and reached their severity for three days (2- 4 July) when an extreme temperature was recorded.

Keywords: Heat waves, Indian monsoon, surface meteorological maps, synoptic charts, Tephigram diagrams. .

مقدمة:

يقع الأردن في الجنوب الشرقي من حوض البحر المتوسط الى الشمال الغربي من شبه الجزيرة العربية، ويتأثر خلال فصل الصيف ببعض موجات الحر (Heat Waves) التي تسبب الضيق والانزعاج للسكان وخاصة خلال شهري تموز وآب، وتؤدي إلى إلحاق بعض الخسائر الاقتصادية والبيئية المختلفة. إذ يتراوح المعدل السنوي لموجات الحر التي يتأثر بها الأردن خلال فصل الصيف بين موجة واحدة وموجتين، ومعظم هذه الموجات من الموجات معتدلة الشدة⁽⁴⁾. و تتحدد موجات الحر عندما تزيد درجة الحرارة بمعدل (3-5°م) فوق المعدل العام ولمدة 3 أيام متتالية وهي الحد الأدنى لطول موجة الحر، ويمكن أن تزيد عن خمس درجات⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾. وقد أصبحت منطقة حوض البحر المتوسط وجنوب أوروبا خلال الخمسين سنة الأخيرة ذات صيف أكثر دفئا، وموجات حر أكثر تكرارا وطولا⁽⁵⁾. كما أظهرت بعض الدراسات وجود تغير ملحوظا في خصائص موجات الجفاف من حيث زيادة عدد موجات الحر، ديمومتها، شدتها، وزيادة في الاتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى في أشهر الصيف في الأردن للفترة 1980-2010⁽⁶⁾.

و تبين من تحليل بيانات 15 محطة مناخية تمثل شرق المتوسط والشرق الأوسط أن هناك زيادة في عدد موجات الحر والاتجاه العام لدرجات الحرارة اليومية خلال الصيف للفترة 1973-2010⁽⁷⁾. كما إن اتجاه موجات الحر بتزايد مستمر بنسبة 8 %⁽⁷⁾. كما تشير نتائج محاكاة النموذج المناخي الإقليمي (HadRM3P) إلى وجود زيادة في عدد موجات الحر وشدتها في المستقبل في شرق المتوسط والشرق الأوسط⁽⁸⁾، كذلك هناك دلائل على أن موجات الحر ستكون أكثر تكرارا وأطول أمدا بحلول نهاية القرن الحادي والعشرون، وأنها ستزداد إلى ثلاثة أضعاف مقارنة بالمناخ الحالي، كما إن متوسط مدة موجات الحر ستزداد بنسبة 25%⁽⁹⁾.

ويرافق موجات الحر الكثير من الآثار السلبية كشعور الإنسان بالإرهاق والتعب بالإضافة لزيادة استهلاك المياه وزيادة التبخر، وخسائر في القطاع الزراعي، كما تتسبب موجات الحر بخسائر اقتصادية كبيرة، وزيادة في استهلاك الكهرباء والضغط على البيئة نفسها و زيادة في نسبة حدوث الحرائق⁽¹⁰⁾. وترتبط موجات الحر بالمناطق الأكثر جفافا في حوض البحر المتوسط، حيث كان معدل درجة الحرارة في شهر تموز لعام 2017 أعلى من المتوسط العام بنحو 5-7°م لذلك الشهر في بلاد الشام وشبه الجزيرة العربية والعراق، الشكل (1)⁽¹¹⁾.

(1) شحادة، 1991، مناخ الأردن (ص 71).

(2) Colacino & Conte, 1995, Heat waves in the Central Mediterranean. A Synoptic climatology (p295-296)

(3) الفضلي والحسان، 2011، الاتجاهات العامة لتكرار موجات الحر في محافظة البصرة (ص 273).

(4) Lucian S, et.al., 2017, Synoptic Conditions Generating Heat Waves and Warm Spells in Romania (P2-3)

(5) Baldi et.al., 2005, Heat Waves in the Mediterranean Region: Analysis and Model Results (P1)

(6) (Shehadeh. N, Tarawneh. F, 2014 . Impact of Climate Change upon Summer Heat waves in Jordan (P46)

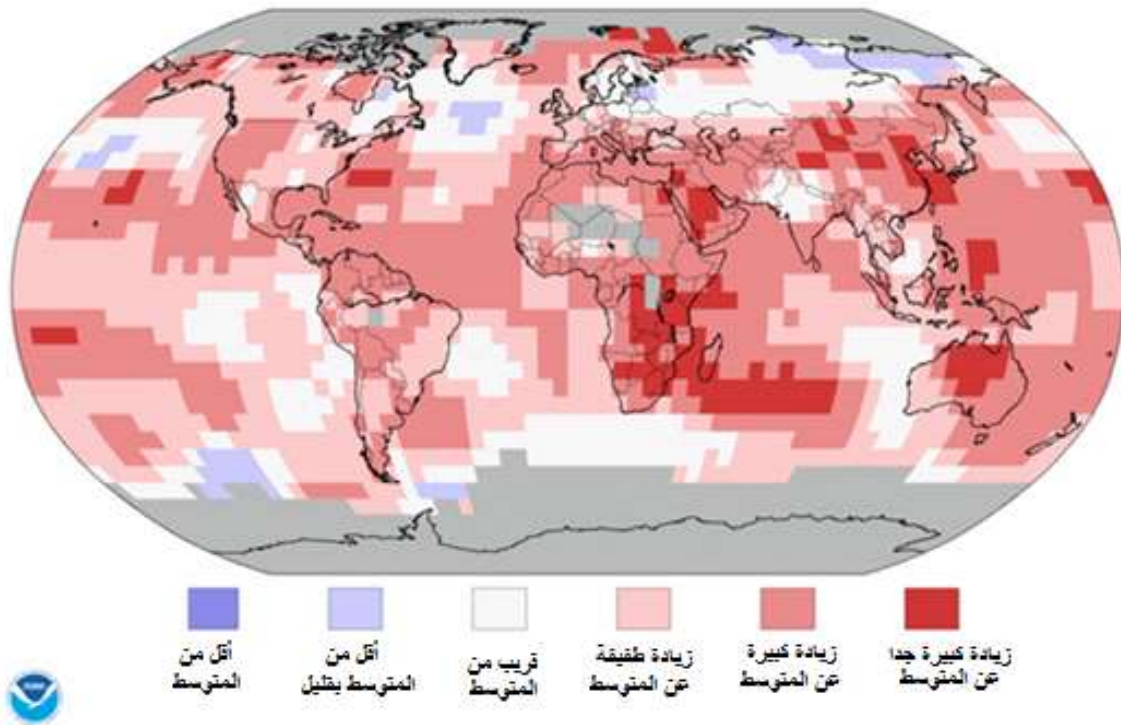
(7) Tanarhte et.al., 2015, Heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and Middle East using extreme value theory (P99)

(8) Zittis. G, et.al., (2015) Projected Changes of Heat Wave Characteristics in the Eastern Mediterranean And The Middle East (P1).

(9) Stefan Z, et.al., 2015, Climate Change Effects on Heat Waves and Future Heat Wave-Associated IHD Mortality in Germany (P100)

(10) Kovats et al., 2004, Heat wave of August 2003 in Europe: provisional estimates of the impact on mortality (P7)

(11) <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/global-aps/201707>



الشكل (1). معدل درجة الحرارة لشهر تموز للعام 2017 بالنسبة الى المتوسط العام لنفس الشهر

المصدر: <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/global-aps/201707>

وترتبط الظروف السينوبتيكية لحدوث موجات الحر بثلاثة حالات تتمثل بموجات الحر المرافقة للمنخفضات الخماسينية، تترافق بعواصف غبارية وارتفاع في درجات الحرارة، أما الحالة الثانية فتتمثل بموجات الحر المرافقة للمرتفعات الجوية التي تتعرض لها منطقة شرق البحر المتوسط، والحالة الثالثة ترتبط بموجات الحر التي ترافق منخفض الهند الموسمي (المنخفض الحراري السعودي)، حيث يمتد ذراع من الضغط المنخفض باتجاه الشمال والشمال الغربي ليصل إلى شرق المتوسط وأحياناً يمتد إلى اليونان، وبالتالي اندفاع كتلة هوائية مدارية حارة تؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير⁽¹²⁾، ويرافق ذلك وجود نتوء (Ridge) في طبقات الجو العليا عند مستوى ضغط (500 hpa)، يساعد على تحريك الهواء المداري الحار نحو مركز المنخفض الحراري، على شكل تيارات هوائية مما يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة طيلة أيام الموجة، وغالبا ما تكون صحاري شمال إفريقيا هي مركز الانبعاثات الجوية⁽¹³⁾.

(12) شحادة، مرجع سابق، 1990 (ص 74-78).

(13). (السامرائي، موجات الحر في العراق، (ص11).

ولوقوع الأردن الى الشمال من شبه الجزيرة العربية فانه يتأثر بأنظمة الضغط الجوي التي تؤدي الى حدوث موجات الحر المرافقة غالباً لامتداد منخفض الهند الموسمي خلال فصل الصيف نحو الغرب⁽¹⁴⁾، أو ما يعرف بالضغط الجوي المنخفض (المنخفض الحراري السعودي) الذي له الدور الأكبر في حدوث موجات الحر التي يتأثر بها الأردن بنسبة 54%، والمرتبطة بوجود نتوءات المرتفعات الجوية التي تزيد فعاليتها بنسبته تصل الى 40%، أما موجات الحر المرافقة للمنخفضات الخماسينية فإنها تسهم بنسبة 6%⁽¹⁵⁾، ويرافق هذه الموجات ارتفاع في درجة الحرارة العظمى نحو 5 درجات مئوية عن معدلها، وانخفاض في الرطوبة النسبية عن 25%، وتصل ذروتها في شهري تموز وآب⁽¹⁶⁾.

2. مشكلة الدراسة:

يقوم هذا البحث على تحليل وتقييم الظروف السينوبتيكية المرافقة لموجة الحر التي تأثر بها الأردن خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017، وأدت إلى ارتفاع درجات الحرارة فوق معدلاتها السنوية بحوالي 5-8م°، من خلال تتبع الحالة الجوية والتغيرات التي طرأت على عناصر الغلاف الجوي المتمثلة بدرجتي الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية، سرعة واتجاه الرياح، تحليل خرائط الطقس السطحية (1000 hpa) والعلوية (500 hpa)، وتحليل مخططات التيفجرام (Tephigram)، أخيراً استخراج مؤشر الحرارة (Heat Index) خلال فترة حدوث الموجة. حيث تعتبر موجات الحر من الأخطار البيئية التي تؤثر بشكل مباشر على الأنشطة البشرية في المناطق التي تتأثر بها، وبالتالي تأتي مثل هذه الدراسات من أجل اتخاذ الإجراءات المناسبة قبل حدوثها، أثناء حدوثها، وبعد حدوثها وفق منهجية علمية واضحة تبعا لطبيعة وسلوك الحالة من قبل صناع القرار، وتهدف هذه الدراسة إلى:

- 1- تحليل وتفسير العناصر الجوية السطحية (درجة الحرارة العظمى والصغرى، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح) و العناصر الجوية العلوية (درجة الحرارة العظمى، الرطوبة النسبية، سرعة واتجاه الرياح، درجة نقطة الندى)، ثم تحليل خرائط الطقس السطحية (1000 hpa) والعلوية (500 hpa)، وتحليل مخططات التيفجرام، المرافقة لموجة الحر التي أثرت على الأردن خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017.
- 2- تحليل وتفسير خرائط الطقس السطحية (1000 hpa) والعلوية (500 hpa) ومخططات التيفجرام، لتحديد حالة الغلاف الجوي وخصائص الكتلة الهوائية المرافقة لموجة الحر خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017.
- 3- تصنيف شدة موجة الحر من خلال مؤشر الحرارة (HI) لمختلف مناطق الاردن خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017.

(14) Kariem.A,1986, A synoptic-Dynamical Study of the 12-16 August 1985 Heat Wave over Jordan (P2)

(15) شحادة، مرجع سابق (ص 71-78).

(16) Winstanely,1972, Sharav, Weather (p46)

3. منهجية الدراسة:

لتحقيق أهداف هذه الدراسة تم الاعتماد على المنهج التحليلي المتعلق بتحليل الظروف الجوية الشمولية المرتبطة بالحالة الجوية لموجة الحر التي تأثر بها الأردن، وذلك من خلال ما يأتي:

1- تحليل خرائط الطقس السطحية (1000 hpa) والعلوية (500 hpa) خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017، المبنية

على قراءات الأقمار الصناعية التي تنتجها الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) (National Ocean

Administration and Atmospheric) من خلال الموقع

الإلكتروني (www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data/ncp/reanalysis.pressure.html)، لتحديد أهم

مراكز الضغط الجوي السطحي، والحالة الجوية المرافقة لها على ارتفاع (500 hpa) خلال فترة حدوث الموجة.

2- تحليل مخططات التيفجرام (Tephigram) خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017 والمبنية على قراءات الأقمار

الصناعية التي تنتجها (NOAA) الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي من خلال الموقع الإلكتروني

(<https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>).

3- تحديد حالة الغلاف الجوي وخصائص الكتلة الهوائية الدافئة فوق الأردن والمتمثلة بدرجة الحرارة، والضغط الجوي،

درجة نقطة الندى، الرطوبة النسبية، وسرعة واتجاه الرياح، خلال حدوث الموجة، وذلك باستخراجها من مخططات

التيفجرام للمنطقة الواقعة فوق الأردن وفق الإحداثيات: 31°53' شمالاً، و 36°00' شرقاً، والتي تم قياسها الساعة

الثالثة بعد الظهر.

4- تحليل عناصر الغلاف الجوي السطحية المرافقة لحدوث الموجة في 12 محطة مناخية (الشكل 2)، تتوزع في الأردن،

تتمثل بدرجة الحرارة العظمى، درجة الحرارة الصغرى، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، وحالة الطقس أثناء حدوث

الموجة.

5- تحديد مؤشر الحرارة (Heat Index)، وتصنيف شدة الحرارة للأيام المدروسة للمحطات المناخية البالغ عددها 12

محطة مناخية ممثلة للأردن، وذلك من خلال تحليل الانحدار المتعدد الذي قام به روثفوس⁽¹⁷⁾، واعتمد من قبل دائرة

الأرصاد الجوية الوطنية الأمريكية لعام 1990، وفق المعادلة التالية⁽¹⁸⁾:

$$\begin{aligned} HI = & -42.379 + 2.04901523 * T + 10.14333127 * RH - .22475541 * T * RH - .00683783 * T * T - \\ & .05481717 * RH * RH + .00122874 * T * T * RH + .00085282 * T * RH * RH - \\ & .00000199 * T * T * RH * RH \end{aligned}$$

Rothfusz.P,1990, The heat index equation (P1-2) (17)

http://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation (18)

حيث تعبر (HI) عن مؤشر الحرارة الذي يتم التعبير عنه كدرجة حرارة واضحة بالدرجات (ف). أما (T) فهي درجة الحرارة (ف) ، ويرمز (RH) إلى الرطوبة النسبية. وهنا إذا كانت الرطوبة النسبية (RH) أقل من 13% ودرجة الحرارة بين (80 - 112 °ف أو 26.67 - 44.44 °م) فيتم استخدام التعديل التالي عند حساب مؤشر الحرارة (HI):

$$\text{ADJUSTMENT} = [(13-\text{RH})/4] * \text{SQRT}\{[17-\text{ABS}(T-95.)/17]\}$$

حيث (ABS) هي القيمة المطلقة.

أما إذا كانت الرطوبة النسبية (RH) أكبر من 85% ودرجة الحرارة بين (80-87 °ف أو 26.67 - 30.56 °م) يتم استخدام التعديل التالي عند حساب مؤشر الحرارة (HI):

$$\text{ADJUSTMENT} = [(\text{RH}-85)/10] * [(87-T)/5]$$

وتعتبر قرينة روثفوس (Rothfusz) غير مناسبة عندما تكون درجة الحرارة أقل من 80 درجة (ف)، وفي تلك الحالة يتم تطبيق صيغة أبسط لحساب القيم التي تتوافق مع نتائج ستيدمان 1979 (19)(20):

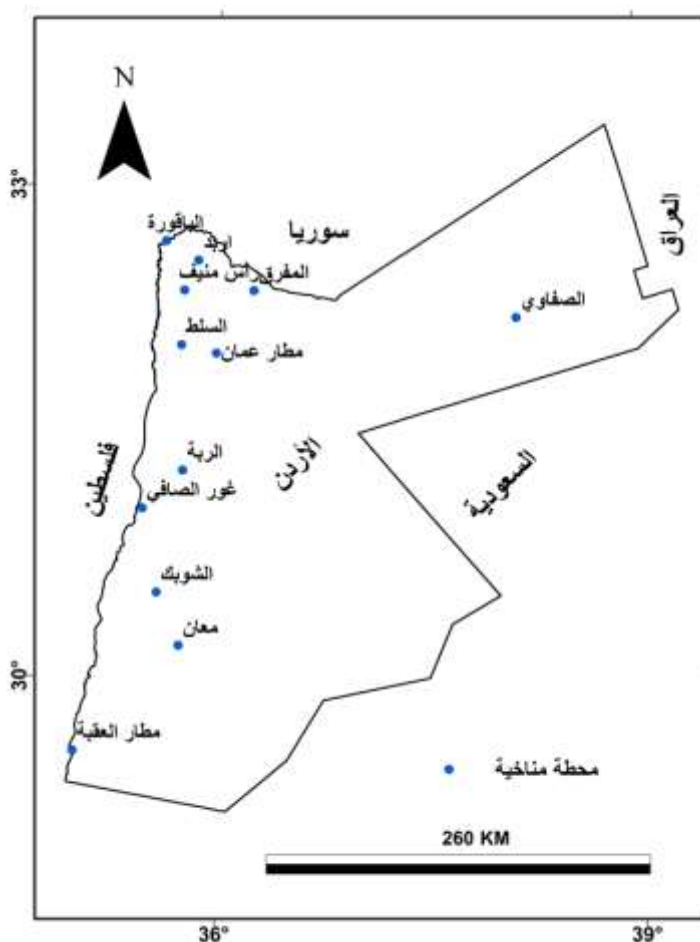
$$\text{HI} = 0.5 * \{T + 61.0 + [(T-68.0)*1.2] + (\text{RH}*0.094)\}$$

4. منطقة الدراسة:

تمثل منطقة الدراسة الأردن، الشكل (2) التي تقع في جنوب غرب آسيا بمساحة 89.213 كم²، وتمتد بين خطي طول 34°58' و 39°18' شرقاً، دائرتي عرض 29°10'45" و 33°22' شمالاً، حيث يسود مناخ البحر المتوسط في المناطق الشمالية والغربية منها، في حين يسود المناخ الصحراوي في المناطق الجنوبية والشرقية، والمناخ شبه المداري في وادي الأردن، ويتأثر مناخ الأردن بمجموعة من العوامل الجغرافية كالموقع الفلكي والتضاريس من حيث الارتفاع والامتداد، بالإضافة لتوزيع مراكز الضغط الجوي. ونظراً لموقع الأردن إلى الشمال الغربي من شبه الجزيرة العربية فإنه

(19) (Steadman, R.G., 1979, The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science (P 861-873)

(20) http://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation

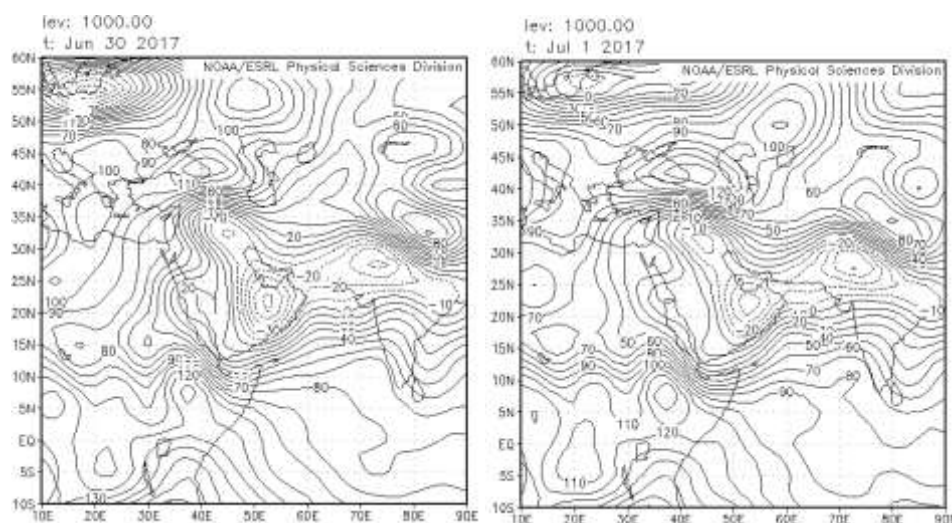


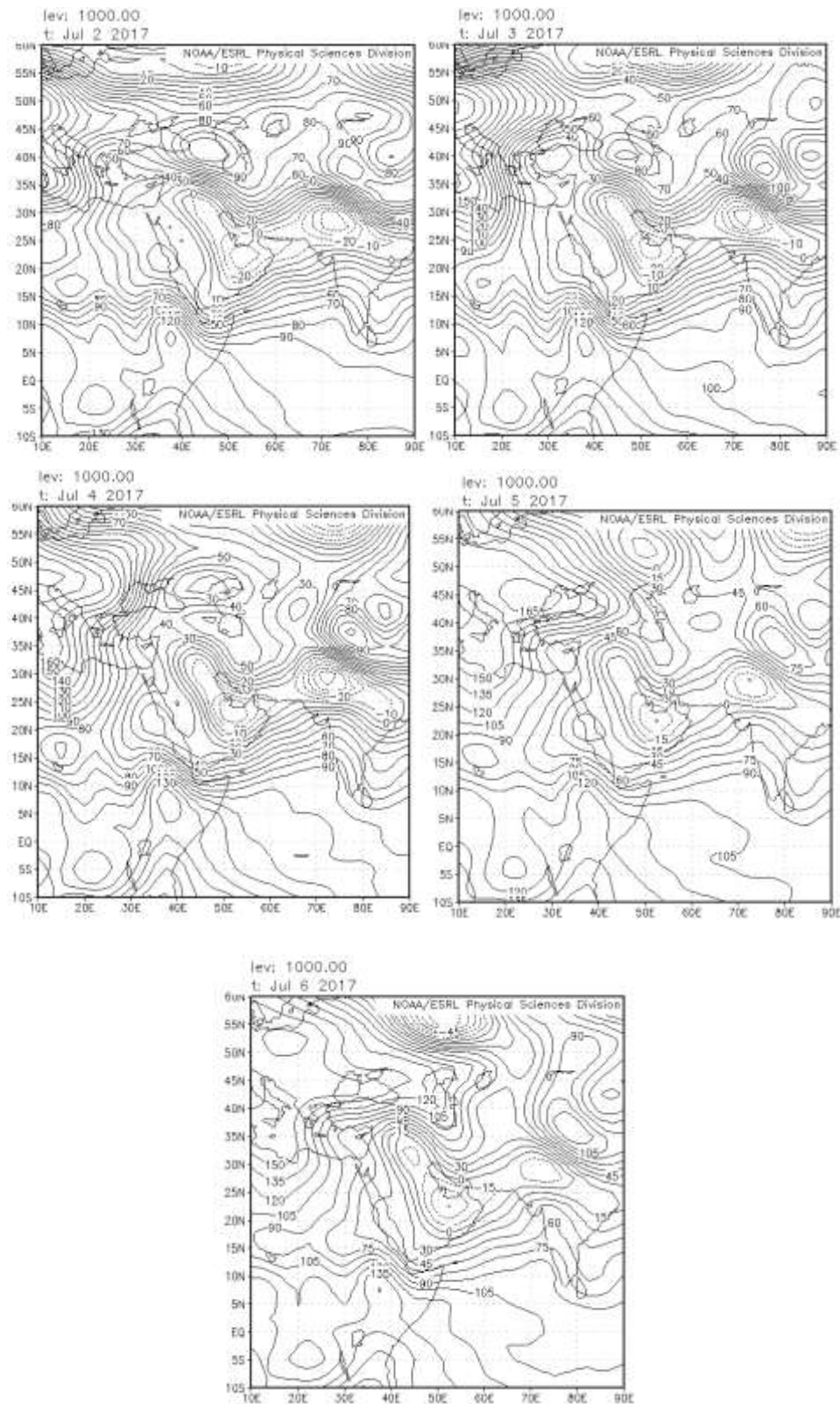
الشكل (2) منطقة الدراسة

1:5 تحليل خرائط الطقس السطحية (hpa 1000) والعلوية (hpa 500):

(21) شحادة، مرجع سابق، 1990 (ص 74-78).

تأثر الأردن خلال الفترة (30 حزيران - 6 تموز 2017م) بامتداد لمنخفض الهند الموسمي حيث ترافق ذلك بكتلة هوائية حارة وجافة أثرت على شبه الجزيرة العربية وأجزاء واسعة من بلاد الشام والعراق وجنوب تركيا. حيث يظهر على خرائط الطقس السطحية (1000 hpa)، الشكل (3)، تركز المنخفض الحراري الموسمي فوق الهند يوم 30 حزيران وامتداده نحو الشمال الغربي حيث يظهر له عدة مراكز فرعية: الأول يتمركز فوق جنوب السعودية ويعرف بالمنخفض الحراري السعودي حيث بلغت قيمة الضغط الجوي في مركزه (996 hpa)، والثاني يتمركز فوق العراق والكويت وبلغت قيمة الضغط الجوي في مركزه (998 hpa)، والمركز الثالث يتمركز فوق البحر الأحمر وشرق السودان وبلغت قيمة الضغط الجوي في مركزه (1002 hpa). وتبين خرائط الطقس السطحية انتقال مركز المنخفض الحراري نحو الشمال الغربي ليزداد تأثيره على الأردن في الأيام الثلاثة الأولى من شهر تموز حيث بلغت قيمة الضغط الجوي فوق الأردن يوم 1 تموز (1004 hpa)، أما في يومي 2 و 3 تموز فقد انخفضت قيمة الضغط الجوي فوق الأردن إلى (1002 hpa) ليزداد مع ذلك تأثير المنخفض الحراري على الأردن ورافق ذلك زيادة في درجات الحرارة مقارنة بالأيام السابقة وهي فترة الذروة لموجة الحر. وخلال الفترة 4-6 تموز بدأ ترحل ذراع المنخفض الموسمي نحو الشمال الشرقي ليضعف تأثيره على الأردن، وازدادت قيمة الضغط الجوي إلى (1004 hpa، 1005 hpa، 1007 hpa) على التوالي لهذه الأيام فوق الأردن، وبالتالي تراجع تأثير الموجة الحارة المرافقة للمنخفض الحراري على الأردن.

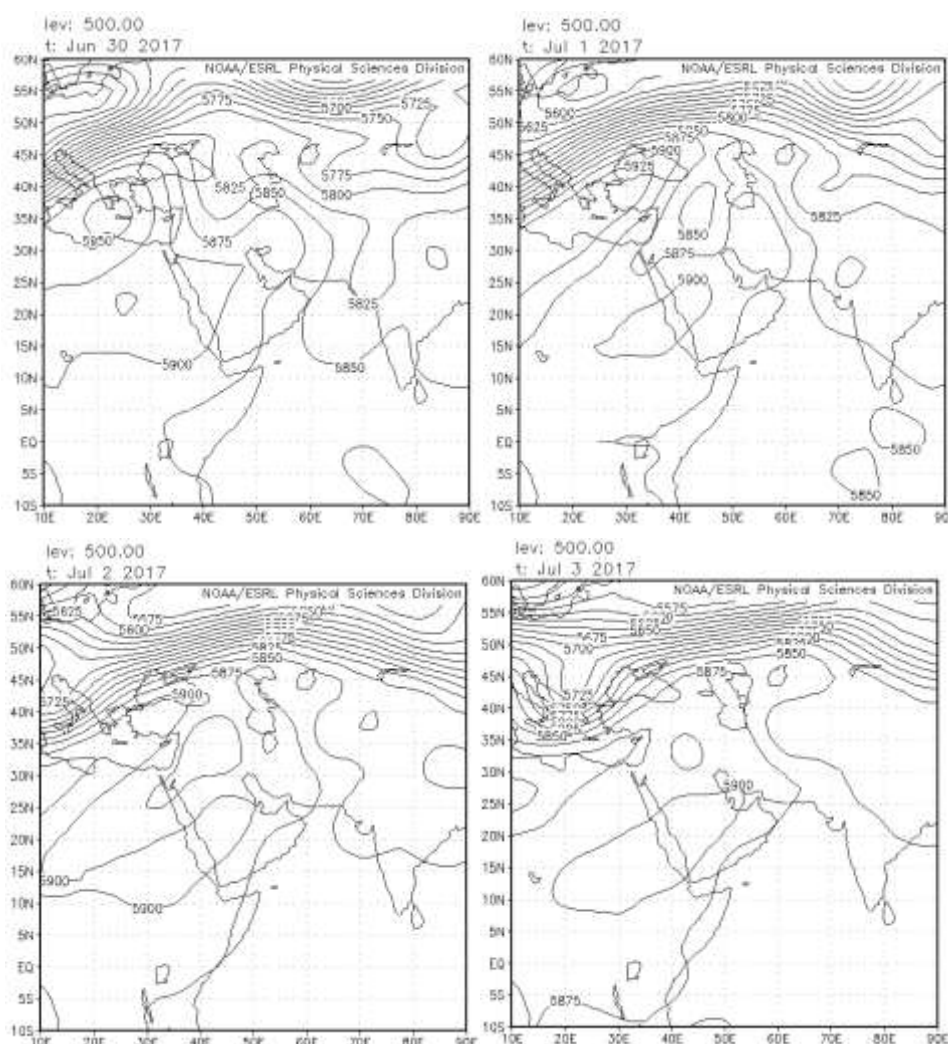


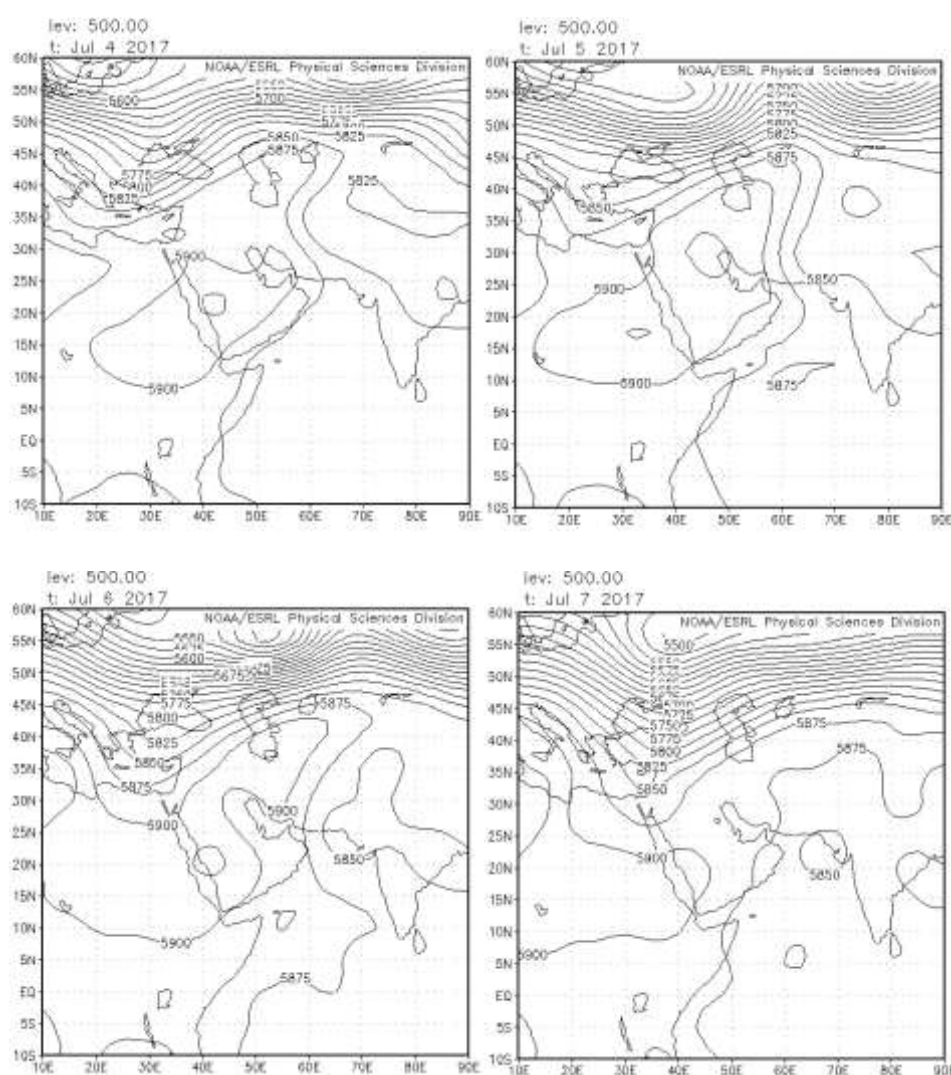


الشكل (3) خرائط الطقس السطحية 1000 hpa للفترة الزمنية 30 حزيران - 6 تموز 2017

المصدر : (www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data/ncp/reanalysis.pressure.html)

وتبين من خلال تحليل خرائط الطقس العلوية (500 hpa)، الشكل (4)، اقتران المنخفض الحراري الموسمي بنتوء (Ridge) علوي دافئ ذو محور شمالي شرقي - جنوبي غربي على ارتفاع (5860م) خلال الفترة 1-3 تموز 2017 زاد من تأثير المنخفض الحراري السطحي فوق منطقة شمال الجزيرة العربية والعراق وبلاد الشام، مما أدى إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية بشكل عام لتصل في بعض المناطق إلى 47م° نتيجة نشاط التيارات الهوائية الهابطة، وانخفاض الرطوبة النسبية لتصل إلى أقل من 30% في المحطات المناخية التي شملتها الدراسة خلال ذروة الموجة، كما تراكمت بارتفاع درجات الحرارة على مستويات الضغط المختلفة في الغلاف الجوي، أما خلال الفترة 4-6 تموز فقد انخفض تأثير النتوء العلوي كما يظهر على خرائط الطقس العلوية، إذانا بتراجع تأثير الموجة الحارة.





الشكل (4) خرائط الطقس السطحية 500 hpa للفترة الزمنية 30 حزيران - 6 تموز 2017:

المصدر : (www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data/ncp/reanalysis.pressure.html)

2:5 تحليل عناصر الطقس السطحية:

تشير تقارير دائرة الأرصاد الجوية انه يمكن اعتبار فصل الصيف لعام 2017 هو الأعلى من حيث معدل درجة الحرارة العظمى والصغرى في تاريخ السجلات المناخية للأردن، حيث بلغ معدل درجة الحرارة العظمى في مطار عمان المدني 40.2°م يوم 14 أيلول 2017م. أما أعلى درجة حرارة عظمى على مستوى الأردن فقد سجلت في محطة غور الصافي خلال صيف 2017 وبلغت 47°م يوم 4 تموز 2017، فيما سجلت الشوبك اقل درجة حرارة صغرى حيث بلغت 7°م يوم 23 حزيران 2017. وتعرض الأردن خلال صيف 2017 لعدد من الموجات الحارة، حيث كانت درجة الحرارة أعلى من معدلاتها الطبيعية خلال 74% من أيام الصيف. كما بلغ معدل درجة الحرارة العظمى 35°م لصيف عام 2017 وهو أعلى من المعدل

العام بنحو 3م°، وهو الأعلى من حيث معدل درجة الحرارة في السجل المناخي الأردني لمحطة مطار عمان المدني، يليه معدل درجة الحرارة العظمى خلال صيف عام 1962 والبالغ 33.8م°. كما بلغ معدل درجة الحرارة الصغرى في عمان 21.8م°، بارتفاع ملحوظ عن معدله العام بمقدار 3.3م°، وهو الأعلى أيضا من حيث معدل درجة الحرارة الصغرى في السجل المناخي الأردني لمحطة مطار عمان المدني، يليه معدل درجة الحرارة الصغرى خلال صيف عام 2010 والبالغ 21.4م°.

بناء على ما تقدم تأتي أهمية هذه الدراسة في تسليط الضوء على التغيرات في عناصر الطقس السطحية والعلوية التي رافقت هذه الحالة المناخية الاستثنائية من حيث الارتفاع الملحوظ على درجات الحرارة، وسيادة الأجواء الحارة والجافة في اغلب مناطق الاردن مع زيادة ملحوظة في الأغوار والبحر الميت والعقبة والبادية، إذ بلغت موجة الحر ذروتها يوم 2-3 تموز وسجلت درجة الحرارة العظمى في عمان 39م° بزيادة عن معدلها العام بحوالي 8 م°. فيما سجلت محطة غور الصافي أعلى درجة حرارة عظمى بلغت 47 م° يوم 2-4 تموز بزيادة عن معدلها العام بحوالي 6 م°.

وتبين من تحليل خرائط الطقس السطحية في الغلاف الجوي إلى أن درجات الحرارة بدأت بالارتفاع بشكل ملحوظ اعتبارا من يوم 30 حزيران حيث سجلت درجات الحرارة أعلى من معدلاتها الاعتيادية بحوالي (2-3) م°، فقد سجلت درجة الحرارة العظمى في مطار عمان المدني 34 م°، وبلغت يومي 1 و2 تموز 2017 نحو 39م°، وانخفضت يوم 3 تموز إلى 38 م°، كما شهدت باقي المحطات زيادة ملحوظة في درجات الحرارة يومي 2 و3 تموز موجة الحر مقارنة بالمعدلات العامة للحرارة لهذه المحطات، حيث بلغت درجة الحرارة المفرق، ومعان، 38م° في اربد، 47م° في الباقورة، 34م° في رأس منيف، 37م° في السلط، 45م° في غور الصافي، 36م° في الربة، 33م° في الشوبك، و43م° في الصفاوي والعقبة، الشكل(5).

وخلال الفترة 2-4 تموز انخفضت الرطوبة النسبية إلى ما دون 30% في جميع المناطق التي تمثلها المحطات المناخية، فقد بلغت الرطوبة النسبية أدنى مستوى لها 17.9% يومي 2-3 تموز في مطار عمان المدني، و22% يوم 4 تموز في اربد، و24.3% يوم 3 تموز في الباقورة و8.4% يوم 2 تموز في الصفاوي، و17% يوم 2 تموز في المفرق، و19.1% يوم 3 تموز في رأس منيف، و17.4% يوم 3 تموز في السلط، و16.1% يوم 2 تموز في غور الصافي، و14.1% يوم 3 تموز في الربة، و13.3% يوم 3 تموز في الشوبك، و11% يوم 3 تموز في معان، و10.5% يوم 3 تموز في العقبة، الجدول(1). وبدا يضعف تأثير الموجة يوم 4 تموز 2017 حيث بقي الجو حارا نسبيا وبدأ انحسار تدريجي لتأثير الكتلة الهوائية الحارة.

الجدول(1) الرطوبة النسبية المسجلة في المحطات المناخية للفترة الزمنية 30حزيران - 6 تموز2017:

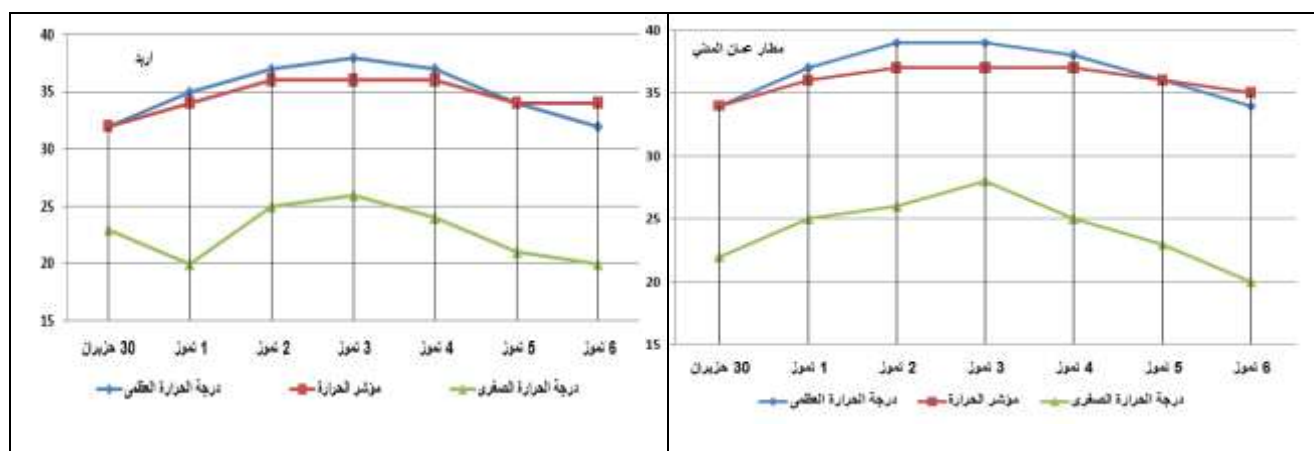
اليوم	مطار عمان المدني	اربد	الباقورة	الصفاوي	المفرق	منيف	السلط	غور الصافي	الربة	الشوبك	معان	مطار العقبة
30 حزيران	33	36.1	48.4	22.1	31.5	37.5	37.7	27.7	29.5	24.5	18.7	17.2
1 تموز	23.7	28.9	39.9	9.5	21	29.7	27.5	26.3	26.5	21.4	14.6	16.5
2 تموز	17.9	22.1	24.9	8.4	17	22.4	19.8	16.1	15.9	13.9	10.8	12.9
3 تموز	17.9	18.9	24.3	11.5	16.7	19.1	17.4	13.8	14.1	13.3	11	10.5

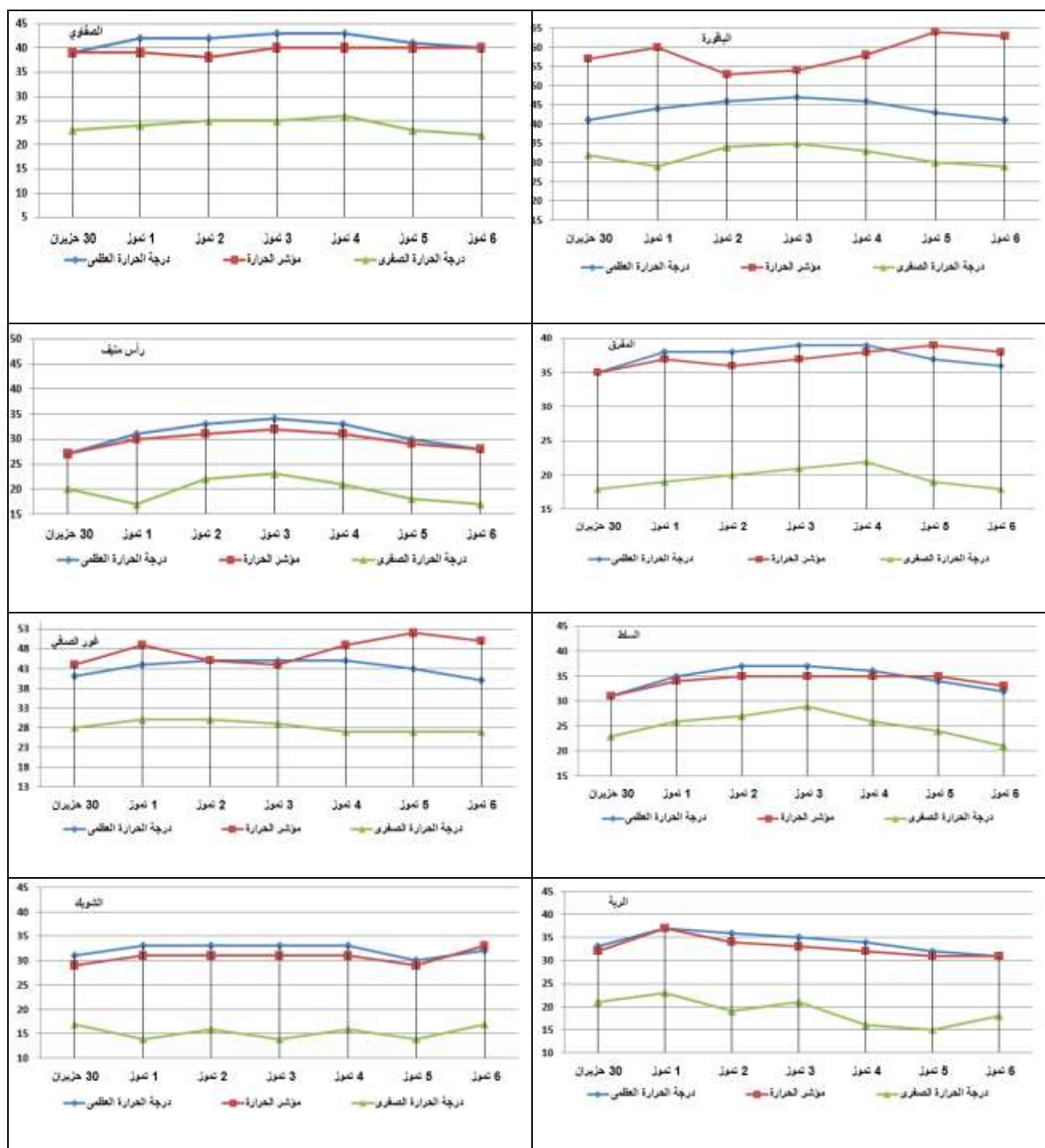
اليوم	مطار عمان المدني	اربد	الباقورة	الصفافوي	المفرق	منيف	السلط	غور الصافي	الربة	الشوبك	معان	مطار العقبة
4 تموز	20.9	22	31.7	11.1	18.3	23.7	23.3	22.2	20.5	18.7	13.8	13.5
5 تموز	30.8	34.9	48.3	16.5	34.7	36	36.1	33.8	31.7	31.4	22.3	23.1
6 تموز	38.7	47.9	55.9	21.8	37.2	47.8	45.4	43.5	42.9	41.1	31.8	30.7

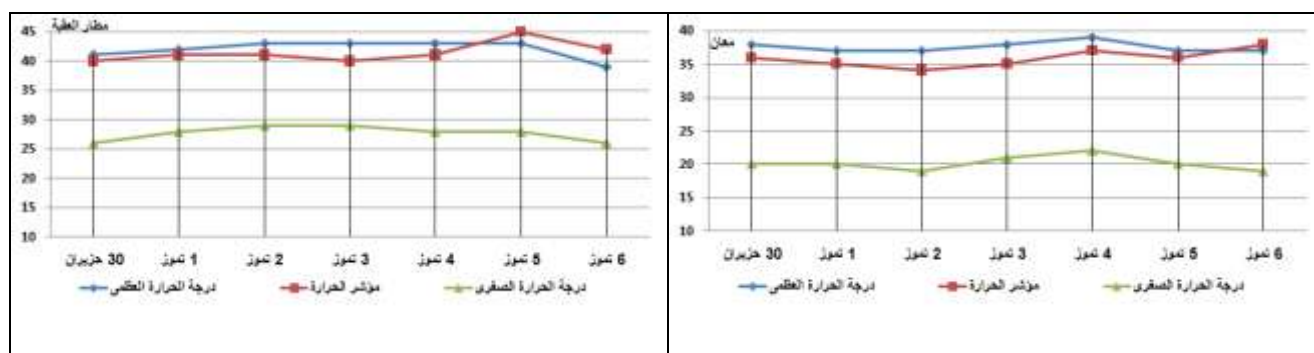
كما انه من شأن الرياح أن تزيد من شدة تأثير موجة الحر عند انخفاض سرعتها، ففي 1 تموز انخفضت سرعة الرياح في معظم المحطات المناخية حيث تراوحت سرعتها بين 20-24 م/ث باستثناء المفرق والصفافوي، أما في 2 تموز فقد انخفضت سرعة الرياح في جميع المحطات المناخية فتراوحت سرعتها بين 18-22 م/ث الجدول (2).

الجدول (2) سرعة الرياح المسجلة في المحطات المناخية للفترة الزمنية 30 حزيران - 6 تموز 2017:

اليوم	مطار عمان المدني	اربد	الباقورة	الصفافوي	المفرق	منيف	السلط	غور الصافي	الربة	الشوبك	معان	مطار العقبة
30 حزيران	26	20	20	30	30	20	26	25	26	26	30	30
1 تموز	20	20	20	30	30	20	20	20	22	22	24	24
2 تموز	20	20	20	22	22	20	20	20	18	20	20	20
3 تموز	22	22	22	24	24	22	22	18	24	24	26	24
4 تموز	24	20	20	26	26	20	24	20	20	20	22	22
5 تموز	22	20	20	18	18	20	22	18	22	24	20	15
6 تموز	26	24	24	28	36	24	26	20	26	26	30	28

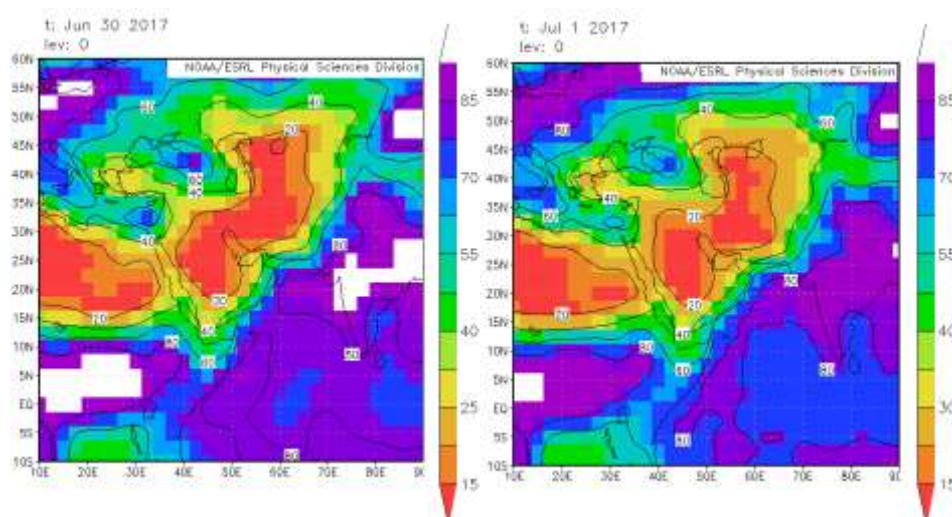


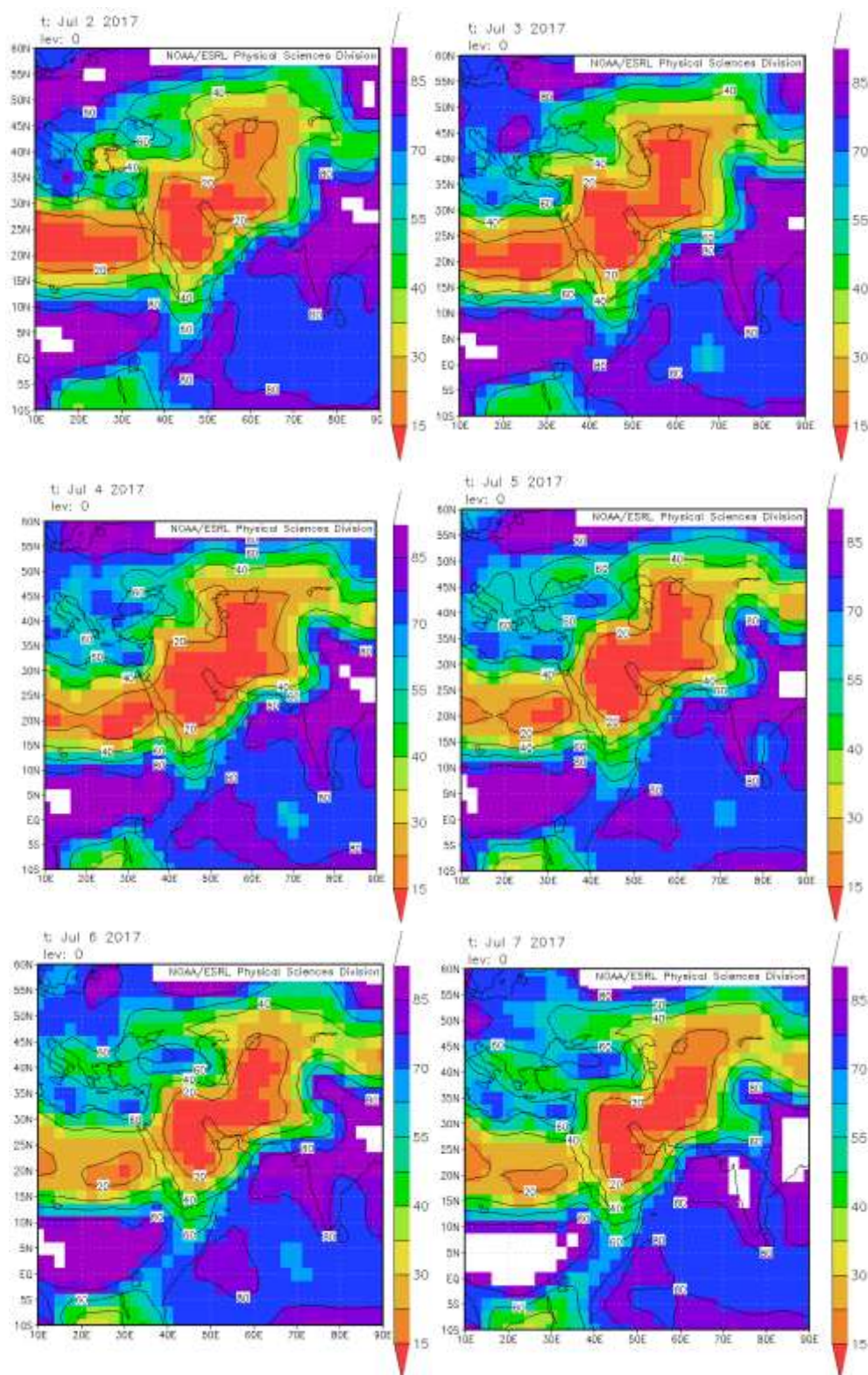




الشكل (5) المنحنيات البيانية للمتغيرات السطحية للمحطات المناخية للفترة الزمنية 30 حزيران - 6 تموز 2017

ويظهر من خلال خرائط للرطوبة النسبية، الشكل (6)، المعتمدة على نتائج تحليل مرئيات الأقمار الصناعية أن هناك تأثير واضح لموجة الحر على قيم الرطوبة النسبية، حيث كان هناك تناقصاً في قيم الرطوبة النسبية خلال فترة الذروة لموجة الحر للفترة 2-3 تموز، حيث يلاحظ أن خط التساوي الذي يمثل قيمة الرطوبة النسبية 20% قد ترحزح نحو الشمال الغربي ليقترّب من الأردن خلال هذه الفترة، كما إن خط التساوي الذي يمثل القيمة 40% قد ترحزح أيضاً خلال هذه الفترة الى الشمال الغربي من الأردن، مما يدل على انخفاض الرطوبة خلال هذه الفترة الى ما دون 30% في جميع المناطق. ويلاحظ ترحزح خط التساوي الذي يمثل القيمة 40% الى الجنوب الشرقي يوم 5 تموز لترتفع قيم الرطوبة النسبية بعد انحسار موجة الحر.





الشكل (6) خرائط الرطوبة النسبية على السطح

المصدر : (www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data/ncp/reanalysis.pressure.html)

3.5 المتغيرات في طبقات الجو العليا و تحليل مخططات التيفجرام:

يبين الجدول (3) التغير في قيم عناصر الطقس في طبقات الجو العليا (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، درجة نقطة الندى، سرعة الرياح، اتجاه الرياح)، إذ يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة على مستوى (1000 hpa)، للفترة 30 حزيران - 3 تموز، فقد بلغت (36.7، 36.6، 34.7، 32 م°) على التوالي، وعلى مستوى (700 hpa) ارتفعت من 12.5 م° في 1 تموز الى 14.1 م° يوم 2 تموز ووصلت الى 14.1 م°. ونظرا لأهمية تحديد سرعة الرياح في زيادة التأثير بموجات الحر فيلاحظ انخفاض سرعة الرياح على مستوى (1000 hpa) إلى 2.7 م/ث يوم 29 حزيران، وخلال فترة 1-5 تموز تراوحت سرعة الرياح ما بين 5-6.8 م/ث. وكان اتجاه الرياح طول فترة الموجة شمالية غربية. أما على ارتفاع (700 hpa) فقد تراوحت سرعة الرياح ما بين 0.7 م/ث يوم 2 تموز و 5.4 م/ث يوم 5 تموز. وعلى مستوى (500 hpa) فقد تراوحت سرعة الرياح ما بين 2.8 م/ث يوم 6 تموز و 7.6 م/ث يوم 1 تموز .

الجدول(3) المتغيرات في طبقات الجو العليا:

درجة الحرارة/م°									
الارتفاع	29 حزيران	30 حزيران	1 تموز	2 تموز	3 تموز	4 تموز	5 تموز	6 تموز	7 تموز
السطح	21	32	34.7	36.6	36.7	36	33.9	30.7	30
700	15	13.5	12.5	14.1	15	14.9	15.3	15.1	12.9
500	-4.0	-3.8	-4.0	-5.6	-6.3	-6.1	-8.2	-5.5	-3.9
300	-27	-28.5	-31.5	-28.5	-26.5	-26.7	-25	-24.3	-24.9
100	-75	-72.5	-70.5	-73.4	-75.1	-74.3	-74.6	-74.8	-74.6
الرطوبة النسبية									
الارتفاع	29 حزيران	30 حزيران	1 تموز	2 تموز	3 تموز	4 تموز	5 تموز	6 تموز	7 تموز
السطح	47.9	28	23.2	15.2	15.2	18.2	26.8	36.9	35.8
700	8.7	7.5	50.2	37.1	28.9	29	29.5	29.7	25.8
500	7.3	2.5	5.9	6.0	23.7	12.1	67.2	31.2	1.7
300	3.5	2.5	6.4	2.5	2.5	5.0	2.0	2	2.6
100	62.7	35.5	30.2	44	57.7	48.8	41.5	46.7	44
اتجاه الرياح/درجة									
الارتفاع	29 حزيران	30 حزيران	1 تموز	2 تموز	3 تموز	4 تموز	5 تموز	6 تموز	7 تموز
السطح	284.4	298.4	302.7	301	304	303.8	306.7	298.3	294.3
700	240.6	359.8	115.5	113.3	220.9	196.2	156.7	171.4	2.8
500	242.6	8	306.9	311.2	65.5	104	187.2	182	244.8

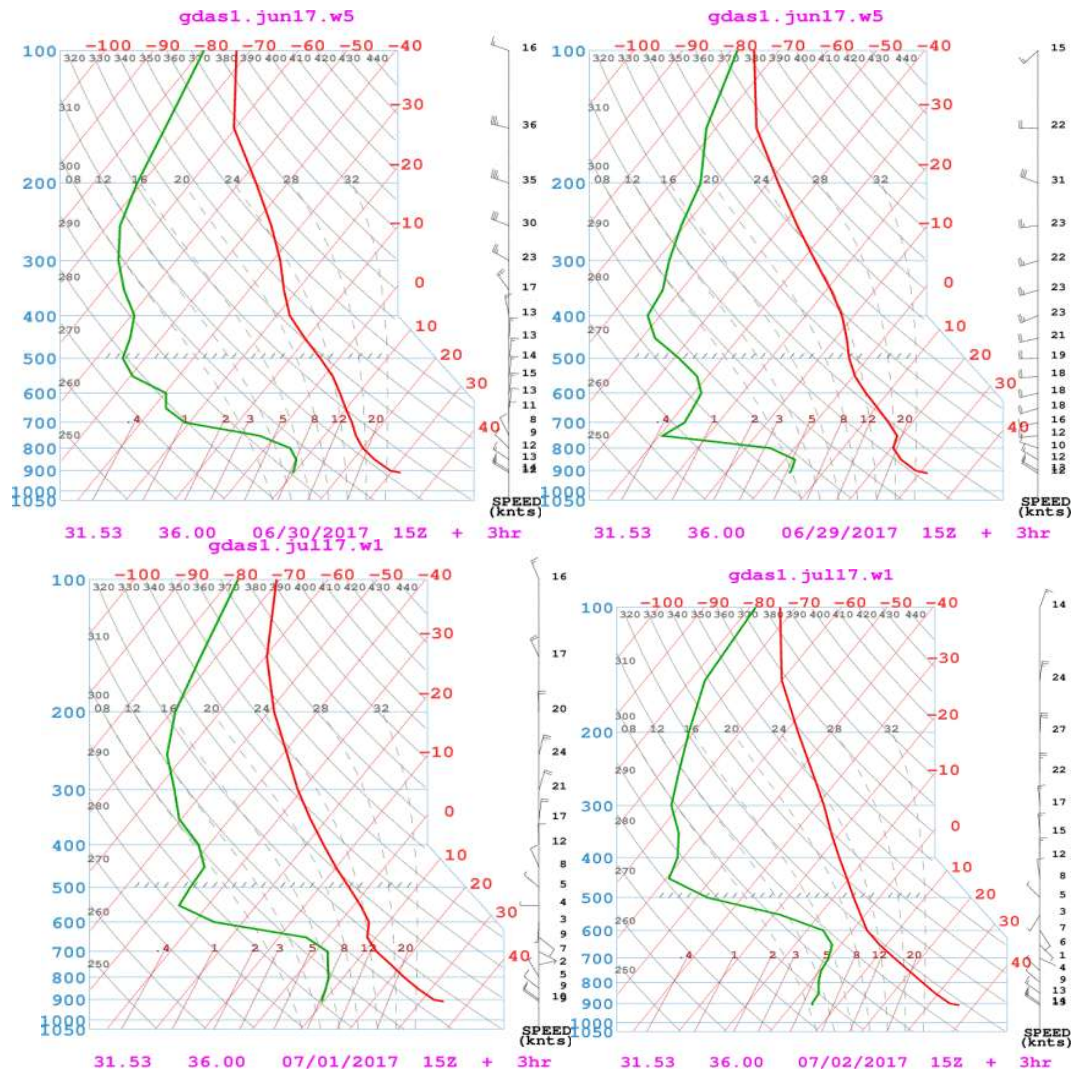
262.2	283.1	268	119.8	32.3	353.7	18.5	297.3	236.6	300
215.6	185.7	188.5	161.7	88.6	21.6	335.1	287.4	225.5	100
سرعة الرياح م/ث									
7.7	6.7	5.7	4.7	3.7	2.7	1.7	30.6	29.6	الارتفاع
7.6	7.5	6.6	6.3	6.7	6.8	5.0	6.5	2.7	السطح
1.0	2.6	5.4	3.1	1.5	0.7	3.6	4.3	12.7	700
6.3	2.8	3.9	4.1	3.5	2.9	2.8	7.6	9.8	500
19.7	16.3	10.5	6.0	9.6	9.0	11.3	12.2	8.0	300
8.2	10.2	8.2	6.8	7.2	7.7	8.5	8.4	7.6	100
درجة نقطة الندى									
7 تموز	6 تموز	5 تموز	4 تموز	3 تموز	2 تموز	1 تموز	30 حزيران	29 حزيران	الارتفاع
10.0	10.2	9.0	7.0	6.0	6.0	8.2	8.4	5.2	السطح
3.5	4.6	4.7	4.5	4.4	5.4	6.4	1.0	0.6	700
-48.0	-20.0	-14.0	-32.0	-24.0	-38.0	-36.0	-44.0	-40.0	500
-60.0	-61.0	-62.0	-55.0	-60.0	-62.0	-56.0	-62.0	-58.0	300
-80.0	-80.0	-80.0	-78.0	-78.0	-78.0	-78.0	-79.0	-78.0	100

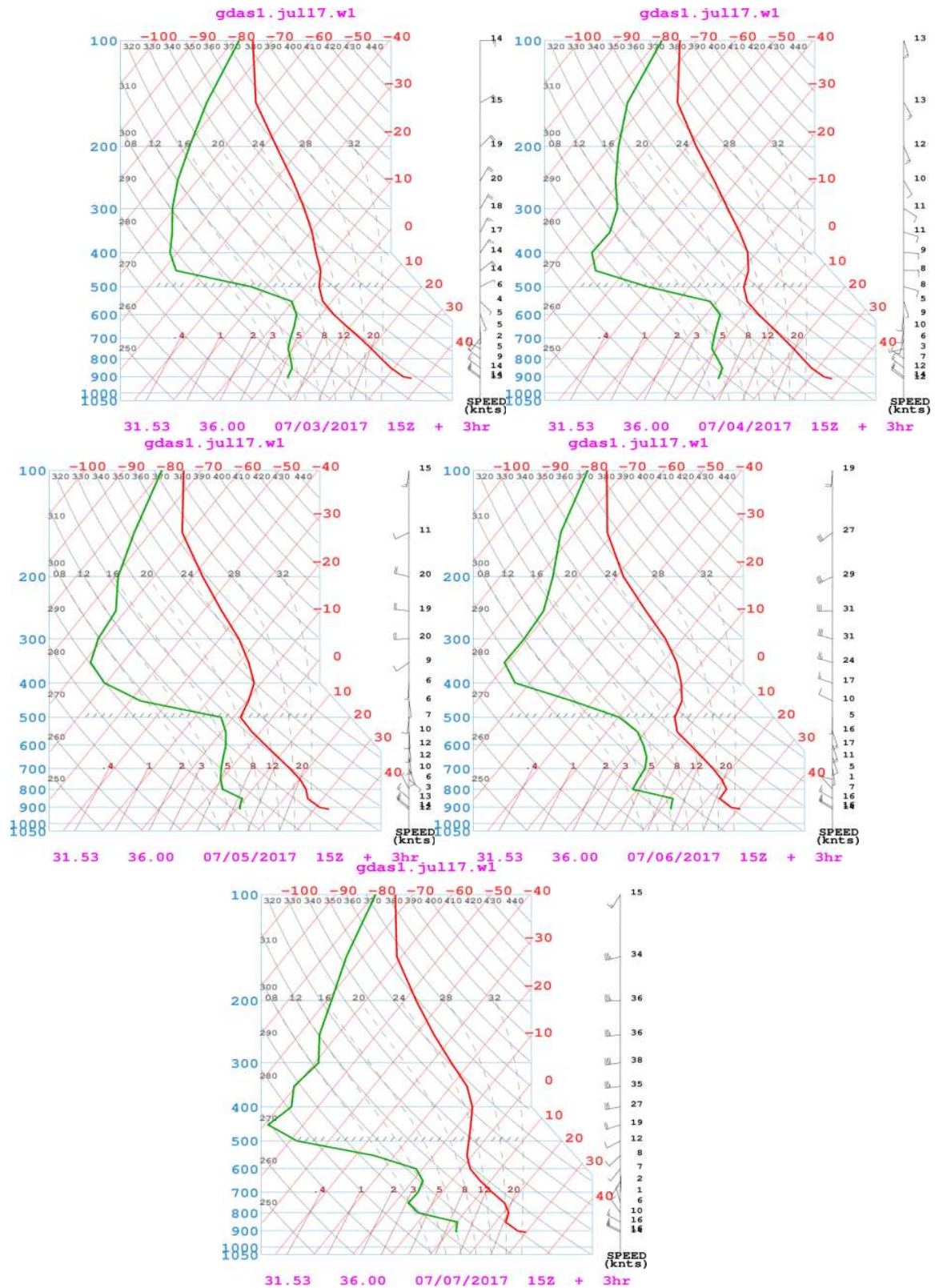
المصدر: إعداد الباحثين من مخططات التيفجرام

وتشير مخططات التيفجرام الشكل (7) الى التغير في قيم الرطوبة النسبية في طبقات الجو العليا على المستويات المختلفة نتيجة التغير في قيم درجات الحرارة ودرجة حرارة نقطة الندى لتلك المستويات، حيث يلاحظ انخفاضاً لقيم الرطوبة بسبب ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض درجة حرارة نقطة الندى الأمر الذي أدى إلى انخفاض الرطوبة النسبية، حيث انه كلما ابتعد منحني درجة الحرارة عن منحني درجة حرارة نقطة الندى كلما قلت الرطوبة النسبية. وبشكل عام فقد انخفضت الرطوبة النسبية بشكل واضح خلال ذروة الموجة في الفترة 1-3 تموز على المستويات (hpa، 500 hpa، 300 hpa، 1000 hpa، 700 hpa)، فعلى مستوى (1000 hpa) انخفضت الرطوبة النسبية خلال فترة الموجة حيث بلغت 28% يوم 30 حزيران، وانخفضت في اليوم التالي إلى 23.2%، وبلغت يومي 2-3 تموز 15.2%. وعند مستوى (700 hpa) فقد انخفضت الرطوبة النسبية اليوم 2 تموز الى ما دون 30% حتى نهاية فترة موجة الحر. أما على مستوى (500 hpa) فقد تراوحت قيم الرطوبة النسبية فيها بين 2.5% و 23.7% خلال فترة الموجة. وعلى مستوى (300 hpa) فقد تراوحت قيمها ما بين 2% يوم 6 تموز و 6.4% يوم 1 تموز.

فيما يتعلق بدرجة حرارة نقطة الندى فيمكن القول إنها انخفضت قليلاً على كافة المستويات الرأسية خلال موجة الحر، إذ تراوحت بين 6 و 10 م° على مستوى (1000 hpa)، وعلى مستوى (700 hpa) ارتفعت من درجة واحدة في 30 حزيران إلى 6.4 م° 1 تموز، أما على مستوى (500 hpa) ارتفعت درجة حرارة نقطة الندى من - 44 م° في 30 تموز لتصل

إلى -36 في 1 تموز و -38 في 2 تموز، ثم بلغت -24، -32، -14، -20 م° على التوالي للأيام 3-6 تموز. وعلى مستوى (300 hpa) فقد تراوحت درجة حرارة نقطة الندى ما بين -55 و -62 م°. وعلى مستوى (100 hpa) كانت أكثر انتظاماً خلال فترة الموجة إذ تراوحت بين -78 و -80 م°.



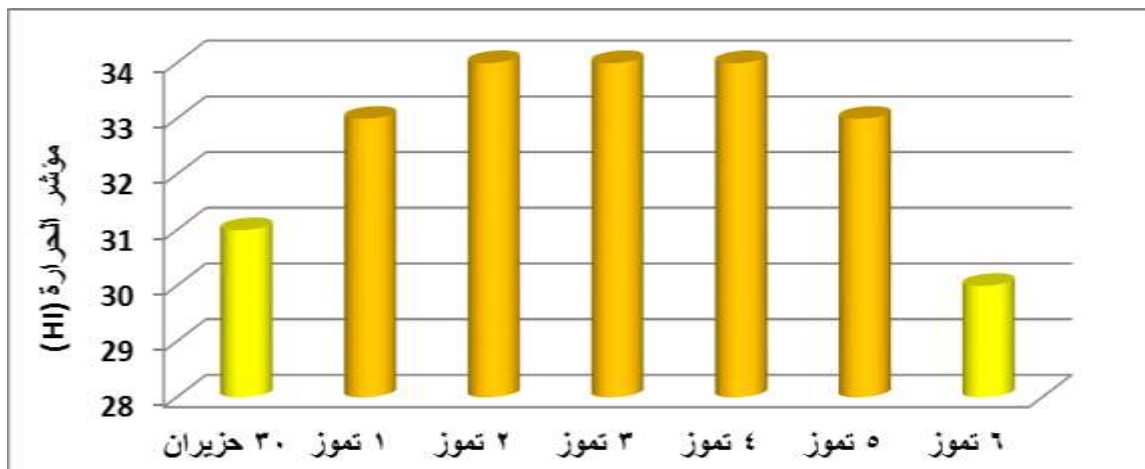


الشكل 7: مخططات التفجيرام لطبقات الجو العليا للفترة 29 حزيران - 7 تموز

المصدر: (<https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>)

6. مؤشر الحرارة لموجة الحر Heat Index:

يعد مؤشر الحرارة (HI) مقياساً لمدى الحرارة التي يشعر بها الإنسان فعلاً وتعتمد على احتساب الرطوبة النسبية مع درجة حرارة الهواء الفعلية، والتي عادة ما يرتفع هذا المؤشر عند حدوث موجات الحر. لقد تراوحت قيم مؤشر الحرارة ما بين 30 و 34م°، حيث صنف اليوم الأول لموجة الحر في الأردن في 30 تموز واليوم الأخير منها 6 تموز بأتهما من المستوى الأول (تحذير) حيث كان مؤشر الحرارة أقل من 31م°، أما بقية أيام الموجة للفترة 1-5 تموز فقد صنفت بأتهما من المستوى الثاني (تحذير شديد) حيث تجاوز مؤشر الحرارة 31م°. ويمكن تصنيف موجة الحر التي تأثر بها الأردن خلال الفترة 30 حزيران - 6 تموز من النوع المتوسط من حيث درجة تأثيرها وتأثيرها، الشكل (8).



الشكل 8: المنحنى البياني لمؤشر الحرارة (Heat Index) في الأردن خلال موجة الحر للفترة 30 حزيران - 6 تموز 2017.

لقد أظهرت نتائج التحليل لمؤشر درجة الحرارة (HI) للمحطات المناخية وجود التباين المكاني والزمني في قيم المؤشر، وتم تصنيف المؤشر من حيث شدته ما بين (التحذير والخطير جداً)، إذ تم تصنيف المحطات المناخية والمناطق التي تمثلها من حيث تباين مؤشر الحرارة فيها خلال موجة الحر إلى أربع مجموعات، الجدول (4):

- المناطق التي ساد فيها مؤشر الحرارة الأقل شدة (التحذير) في معظم أيام موجة الحر وهي؛ الشوبك حيث ساد هذا المستوى 6 أيام من 30 حزيران - 5 تموز وتراوح ما بين 29-31م°، وكذلك رأس منيف حيث ساد المؤشر في 6 أيام من 30 حزيران - 2 تموز و 4-6 تموز وتراوح ما بين 27-31م°، ثم الربة التي ساد فيها مؤشر الحرارة الأقل شدة في 4 أيام هي 30 حزيران و 4-6 تموز حيث تباين المؤشر بين 31-32م°.
- المناطق التي ساد فيها مؤشر الحرارة بمستواه الثاني (تحذير شديد)، فقد ساد في جميع أيام الموجة في مطار عمان المدني ومعان وتراوحت قيمة المؤشر بين 34-37م° في عمان و 34-38م° في معان. أما اربد والسلط فقد ساد هذا المستوى من مؤشر الحرارة اعتباراً من 1 تموز حتى نهاية فترة الموجة، وتراوحت قيم المؤشر بين 34-36م° في

اربد و 33-35 م° في السلط ويفسر انخفاض قيم المؤشر قليلا عنها في اربد إلى عامل المنسوب، إما في المفرق فقد ساد هذا المستوى في خمسة أيام خلال الفترة 30 حزيران-4 تموز وتراوحت قيم المؤشر بين 35-37 م°.

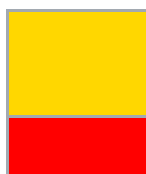
- المناطق التي ساد فيها مؤشر الحرارة بمستواه الثالث (الخطير)، فقد ساد هذا المستوى من المؤشر في الصفاوي خلال جميع أيام الموجة وتراوحت قيمة المؤشر بين 38-40 م°. وكذلك العقبة التي ساد فيها هذا المستوى في جميع أيام المح موجة باستثناء يوم 30 حزيران حيث تراوحت قيم المؤشر بين 40-42 م°.

- المناطق التي ساد فيها مؤشر الحرارة بمستواه الرابع (الخطير جدا)، حيث ساد هذا المستوى في الباقورة في جميع أيام الموجة وتراوحت قيم المؤشر بين 53-64 م° وهي أعلى القيم بين المحطات التي شملتها الدراسة ويفسر ذلك بمنسوبها الذي يبلغ 170 متر تحت مستوى سطح البحر، وكذلك غور الصافي الذي ساد فيه المستوى الرابع في جميع أيام الموجة باستثناء يوم 30 حزيران، حيث تراوحت قيم المؤشر بين 44-50 م°.

الجدول (4) قيم مؤشر الحرارة (Heat Index) للمحطات المناخية خلال موجة الحر للفترة 30 حزيران-6 تموز 2017:

HI	30 حزيران	1 تموز	2 تموز	3 تموز	4 تموز	5 تموز	6 تموز
مطار عمان	34	36	37	37	37	36	35
اربد	32	34	36	36	36	34	34
الباقورة	57	60	53	54	58	64	63
الصفاوي	39	39	38	40	40	40	40
المفرق	35	37	36	37	38	39	38
رأس منيف	27	30	31	32	31	29	28
السلط	31	34	35	35	35	35	33
غور الصافي	34	49	45	44	49	52	50
الربة	32	37	34	33	32	31	31
الشوبك	29	31	31	31	31	29	33
معان	36	35	34	35	37	36	38
مطار العقبة	40	41	41	40	41	45	42

تحذير شديد
caution
خطير جدا
Extreme



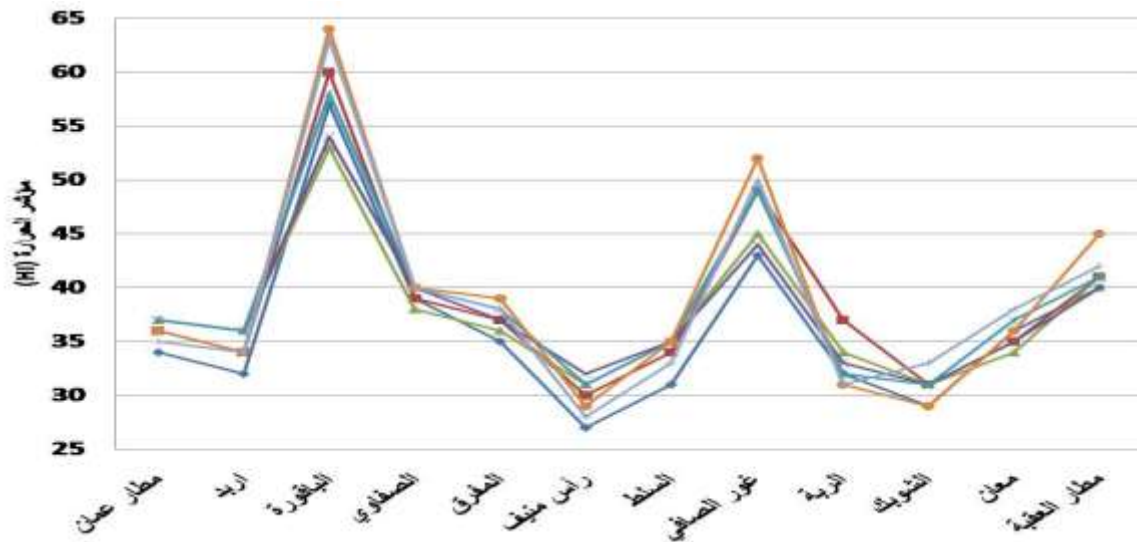
تحذير
Caution
خطر
Danger



danger



ويلاحظ من الشكل، (9) انه رغم التباين المكاني لقيم مؤشر الحرارة من منطقة لأخرى وتباينها الزماني في نفس المنطقة الواحدة خلال أيام موجة الحر التي أثرت على الاردن- يلاحظ اتساق قيم المؤشر وتقاربها بشكل واضح للمحطات المناخية مجتمعة في نفس اليوم، بدلالة المنحنى البياني حيث يعتبر مؤشر الحرارة انعكاسا للعناصر المناخية التي سادت في الاردن خلال هذه الفترة ممثلة بارتفاع درجة الحرارة العظمى فوق المعدل حوالي 5-8م° وانخفاض الرطوبة النسبية إلى ما دون 30%.



الشكل (9) المنحنى البياني لمؤشر الحرارة (Heat Index) للمحطات المناخية خلال موجة الحر للفترة 30 حزيران-6 تموز. 2017

7. التحذيرات والآثار الناتجة عن موجة الحر:

أدت موجة الحر إلى إصابة ٢٥ شخص بحالات إجهاد حراري وضربات شمس، وحدثت الحرائق في بعض المناطق⁽²²⁾، وتدني مدى الرؤية الأفقية في أجزاء من البادية الشرقية والجنوبية الشرقية بسبب الأتربة والغبار⁽²³⁾. وترافقت الحالة الجوية بوصول أحمال الطاقة الكهربائية إلى حدودها القصوى في الاردن خلال اليوم الثاني للموجة حيث بلغت نحو 3190 ميغا واط حيث ازدادت نسبتها نحو 24% عن الأسبوع الذي سبق حدوث الموجة⁽²⁴⁾. كما قامت سلطة وادي الأردن بزيادة كميات المياه المسالة للمزارعين خلال موجة الحر لتمكينهم من الحفاظ على مزروعاتهم من خلال الري التكميلي لمزارعهم أثناء موجة

(22) المديرية العامة للدفاع المدني، 2017، تقرير خاص بموجة الحر لشهر تموز.
(دائرة الأرصاد الجوية الأردنية، 2017، تقرير عن موجة الحر في شهر تموز، عمان، الأردن. 23)
(شركة الكهرباء الأردنية، 2017، تقرير خاص بشأن موجة الحر لشهر تموز. 24)

الحر⁽²⁵⁾. وتم إطلاق العديد من التحذيرات المتعلقة بالخطوات الواجب إتباعها أثناء موجة الحر كعدم التعرض المباشر والطويل لأشعة الشمس خاصة مع ساعات الظهيرة لتفادي خطر الإصابة بضربات الشمس والإجهاد الحراري، وشرب كميات كافية من الماء.

8. ملخص النتائج:

- يؤدي امتداد المنخفض الهندي الموسمي إلى الشمال الغربي إلى حدوث موجات حر في الأردن، ترتفع فيها درجات الحرارة وتتنفس الرطوبة النسبية، وذلك خلال شهري تموز وآب.
- يوجد عدة مراكز فرعية للمنخفض الهندي الموسمي الأول يتمركز فوق جنوب السعودية يعرف بالمنخفض الحراري السعودي، والآخر يتمركز فوق العراق والكويت، والمركز الثالث يتمركز فوق البحر الأحمر وشرق السودان.
- عندما يقترب المنخفض الحراري الموسمي بنتوء (Ridge) علوي دافئ ذو محور شمالي شرقي - جنوبي غربي فإنه زاد من تعمق المنخفض الحراري فوق المنطقة للأيام 2-5 تموز أثناء موجة الحر، مما أدى إلى ارتفاع درجات الحرارة السطحية بشكل عام لتصل في بعض المناطق إلى 47م° نتيجة التيارات الهوائية الهابطة. وانخفاض الرطوبة النسبية لتصل إلى أقل من 30% خلال أيام الموجة.
- عندما يتزحزح ذراع المنخفض الموسمي نحو الشمال الشرقي يضعف تأثيره على الأردن وتراجع الموجة الحارة المرافقة له.
- أظهرت عناصر الطقس في طبقات الجو العليا (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، درجة نقطة الندى، سرعة الرياح، اتجاه الرياح) التي تم الحصول عليها من مخططات التيفجرام البيانات تباينا زماني ومكاني رأسيًا، إذ يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة على المستويات (1000 hpa، 300 hpa، 100 hpa)، أما الرطوبة النسبية فقد انخفضت بشكل واضح على المستويات (1000 hpa، 700 hpa، 500 hpa، 300 hpa) للفترة 1-3 تموز حيث بلغت موجة الحر ذروتها.
- انخفضت درجة حرارة نقطة الندى قليلا على كافة المستويات الرأسية خلال بلوغ موجة الحر ذروتها، إذ تراوحت بين 6-10م° على مستوى (1000 hpa)، وعلى مستوى (700 hpa) ارتفعت من درجة واحدة في 30 حزيران لتتراوح بين 4.4-6.4م° خلال فترة الموجة.
- كما انخفضت سرعة الرياح بشكل ملحوظ على مستوى (1000 hpa) فبلغت 2.7م/ث يوم 29 حزيران ارتفعت إلى نحو 7.6م/ث في نهاية الموجة، وخلال فترة 1-5 تموز تراوحت سرعة الرياح بين 5-6.8م/ث. وكان اتجاه الرياح طول فترة الموجة اتجاه شمالي غربية.

(سلطة وادي الأردن، 2017، تقرير خاص بشأن موجة الحر لشهر تموز. 25)

- أشارت مخططات التيفجرام إلى انخفاض قيم الرطوبة النسبية بشكل واضح خلال ذروة الموجة في 1-3 تموز على المستويات (300 hpa، 500 hpa، 700 hpa، 1000 hpa)، بسبب ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض درجة حرارة نقطة الندى الأمر الذي أدى إلى انخفاض الرطوبة النسبية.
- اتساق قيم مؤشر الحرارة (HI) للمحطات المناخية وتقاربها بشكل واضح، حيث يعتبر مؤشر الحرارة انعكاساً للعناصر المناخية التي سادت في الأردن خلال هذه الفترة ممثلة بارتفاع درجة الحرارة العظمى فوق المعدل حوالي 5-8° وانخفاض الرطوبة النسبية إلى ما دون 30%.
- تراوحت قيم مؤشر الحرارة في حدها الأدنى بين 30° وحدها الأعلى 64°، وصنف اليوم الأول للموجة 30 تموز واليوم الأخير منها 6 تموز من المستوى الأول (تحذير)، أما بقية أيام الموجة للفترة 1-5 تموز فقد صنفت بأنها من المستوى الثاني (تحذير شديد).

9. التوصيات:

توصي الدراسة بما يلي:

- 1- التنبؤ المبكر بموجات الحر ونشر البيانات لكافة القطاعات الإنتاجية في الدولة يعطي تلك القطاعات الفرصة لاتخاذ إجراءات وقائية واحترازية للتقليل من الخسائر والمضار التي قد تنتج عن تلك الموجات.
- 2- تضافر الجهود للمؤسسات والدوائر الرسمية المعنية بموجات الحر كدائرة الأرصاد الجوية، وزارة الزراعة، وزارة المياه والري، ومديرية الدفاع المدني لإصدار تقارير منشورة من خلال وسائل الإعلام المختلفة حول الإجراءات الواجب إتباعها أثناء حدوث موجات الحر.
- 3- تركيز الدراسات والأبحاث المستقبلية في مجال الطقس والمناخ والبيئة والأرصاد الجوية حول دراسة الظواهر المناخية والبيئية المتكررة كموجات الحر على المستوى المحلي والمستوى الإقليمي وإجراءات التكيف مع تلك الظواهر.

10. قائمة المصادر والمراجع:

المراجع العربية:

1. دائرة الأرصاد الجوية، 2017، بيانات مناخية غير منشورة للفترة 29 حزيران-6 تموز، عمان، الأردن.
2. دائرة الأرصاد الجوية، 2017، تقرير منشور في وكالة عمون الإخبارية عن موجة الحر في شهر تموز، عمان، الأردن.
3. السامرائي، قصي، 1994، موجات الحر في العراق، دراسة تطبيقية عن مناخ العراق، المؤتمر الجغرافي السابع، جامعة الأنبار.
4. شحادة، نعمان، 1991، مناخ الأردن، دار البشير، عمان، الأردن.
5. شحادة، نعمان، 1980، موجات الحر التي يتعرض لها الأردن في الصيف، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 138، الكويت.
6. شركة الكهرباء الأردنية، 2017، تقرير خاص بشأن موجة الحر لشهر تموز.
7. صبري، علي، 2001، موجات الحر في الأردن، رسالة دكتوراه غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
8. الطراونة، فاطمة، 2011، أثر التغير المناخي على موجات الحر التي يتعرض لها الأردن خلال فصل الصيف، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الأردن.
9. الفضلي، سعود و الحسان، احمد، 2011، الاتجاهات العامة لتكرار موجات الحر في محافظة البصرة، مجلة آداب البصرة، العدد (57)، البصرة، العراق.
10. القشطيني، باسل و ألبنا، ريتا، 1990، الأنماط الضغطية للمناخ الموسمي الصيفي في العراق وآثاره البيئية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد: 35، بغداد، العراق.
11. المديرية العامة للدفاع المدني، 2017، تقرير خاص بموجة الحر لشهر تموز.

المراجع الأجنبية:

1. Baldi Marina, Massimiliano Pasqui, Francesco Cesarone, Giovanna De Chiara, 2005. Heat Waves in the Mediterranean Region: Analysis and Model Results, Institute of Biometeorology - CNR, Rome, Italy.
2. Colacino M, Conte M. 1995. Heat waves in the Central Mediterranean. A Synoptic climatology. Il Nuovo Cimento 18 C: 295 – 304.
3. F. G. Kuglitsch, A. Toreti, E. Xoplaki, P. M. DellaMarta, C. S. Zerefos, M. Türkeş, and J. Luterbacher, 2010, Heat wave changes in the eastern Mediterranean since 1960. Geophysical Research Letters, Vol. 37.
4. Kariem, A. 1986. Asynoptic-Dynamical Study of the 12-16 August 1985 Heat Wave over Jordan, Jordan Meteorological Department, Amman, Jordan.
5. Kovats S, Wolf T, Menne B., 2004. Heat wave of August 2003 in Europe: Provisional Estimates of the Impact on Mortality, Euro Surveillance Weekly 8,(11).

6. Lucian Sfic , Adina-Eliza Croitoru, Iulian Iordache and toniu-Flavius Ciupertea, 2017. Synoptic Conditions Generating Heat Waves and Warm Spells in Romania, Atmosphere 8, 50.
7. Meehl GA, Karl T, Easterling DR, Changnon S, Pielke RJ, Changnon D, Evans J, Groisman PY, Knutson TR, Kunkel KE, Mearns LO, Parmesan C, Pulwarty R, Root T, Sylves RT, Whetton P, Zwiersl F. 2000. An Introduction to Trends in Extreme Weather and Climate Events. Observations, Socioeconomic Impacts, Terrestrial Ecological Impacts, and Model Projections. Bulletin of the American Meteorological Society, 81: 413 – 416.
8. Rothfus L P ,1990. The Heat Index Equation. Technical Attachment, Scientific Services Division NWS Southern Region Headquarters, Fort Worth, TX, SR 90-23.
9. Shehadeh. N, Tarawneh. F, 2014 . Impact of Climate Change upon Summer Heat waves in Jordan, Journal of American Science; 10(5).
10. Steadman R G (1979) The Assessment of Sultriness. Part I: A temperature-Humidity Index Based on Human Physiology and Clothing Science. J. Applied. Meteorology, 18, 861-873.
11. Stefan Zacharias, Christina Koppe and Hans-Guido Mücke , Climate Change Effects on Heat Waves and Future Heat Wave-Associated IHD Mortality in Germany, Climate 2015, 3, 100-117.
12. Tanarhte, M. Hadjinicolaou. P & Lelieveld, J., 2015. Heat wave Characteristics in the Eastern Mediterranean and Middle East using extreme value theory, 2015, Climate Research, Vol. 63: 99–113.
13. Winstanley, 1972. Sharav, Weather, Royal Meteorological Society, Weather Volume 27, Issue 4, pages 146–160, London, UK.
14. World Health Organization. 2003. Heat Waves: Risks and Responses. CASH Project Report, 124.
15. Zittis. G, Hadjinicolaou. P & Lelieveld. J, 2015. Projected Changes of Heat Wave Characteristics in the Eastern Mediterranean And The Middle East.

المواقع الالكترونية:

1. www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data/ncep/reanalysis.pressure.html
2. <https://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/global-maps/201706>
3. http://www.nws.noaa.gov/om/heat/heat_index.shtml
4. http://www.nws.noaa.gov/om/heat/heat_index.shtml
5. <https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>